

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

Neste capítulo, explicam-se o âmbito em que surgiu este estudo e as linhas de investigação que se tomaram por base, bem como as razões pelas quais se formularam as questões a ser investigadas. Depois, apresentam-se as definições dos termos utilizados, a finalidade do estudo e as hipóteses colocadas. Por fim, faz-se menção ao desenho de investigação adoptado e ao tratamento de dados.

#### 1.1 Enquadramento do Estudo

Integrar a aprendizagem e o ensino das Ciências em contextos reais e com significado para os alunos é uma ideia de interesse internacional que tem sido renovada ao longo do tempo. Prova disso são os projectos curriculares no âmbito Ciência/Tecnologia/Sociedade que, desde o final dos anos oitenta, têm sido lançados em diversos países sob a abreviatura *CTS*, de que são exemplo o *Salters' Science and Chemistry* em Inglaterra e no País de Gales; e o *Science Education for Public Understanding Programme (SEPUP)* nos Estados Unidos da América.

O movimento *CTS*, defensor da aprendizagem das ciências em contextos actuais da sociedade contemporânea nas suas inter-relações com a tecnologia, sofreu um retrocesso em meados dos anos noventa, pois nessa altura a *Tecnologia* passou a ser considerada como uma disciplina nova e separada, associada à prática industrial e ao “fazer” efectivamente. Os projectos curriculares passaram a definir a Ciência a ser aprendida ao longo da escolaridade em termos de listas de conceitos científicos, deixando de lado a importância do papel dos contextos da vida real no ensino e na aprendizagem das ciências.

No final do século XX, diversos países industrialmente mais desenvolvidos mostraram preocupação pelo facto de os alunos saírem da escola com pouco interesse pelo domínio das ciências para as suas vidas e carreiras profissionais futuras. Em Inglaterra e no País de Gales, esta consequência foi imputada à falha do currículo nacional de ciências, que apresentava a Ciência como uma sucessão de factos a serem ensinados sem qualquer coerência e relevância contextual para as futuras necessidades dos jovens. Esta crítica foi expressa no relatório *Beyond 2000: Science education for the future* de Millar e Osborne (1998), podendo nele ler-se:

O currículo de Ciência aparece como um ‘catálogo’ de ideias díspares, com falta de coerência ou de relevância. Há uma ênfase acentuada no conteúdo que muitas vezes é ensinado independentemente do tipo de contextos que lhe poderiam fornecer relevância e significado essenciais. (p. 9)

No final dos anos noventa, o reconhecimento da importância do contexto na aprendizagem teve implicações profundas nas finalidades que passaram a ser preconizadas para o ensino das ciências, expressas por exemplo no documento *National Science Education Standards* (National Academy of Sciences, 1996), que encoraja os educadores a atender à relevância do contexto. Em consonância com estas recomendações, desenvolveram-se projectos curriculares de que são exemplo o Full Option Science System (FOSS) e o Science and Technology for Children (STC).

Neste quadro, diversos autores passaram a recomendar uso de contextos da vida real como forma de promover o desempenho na resolução de problemas em Ciência, visto que estes contextos permitem aos alunos aperceberem-se da relevância do que estão a aprender (Caillot, 2006; Hobden, 1998; Roth e Roychoudhury, 1993; Swartz, Fischer, e Parks, 1998; Wood, 2006; Zoller, 1987).

Por outro lado, a pouca facilidade de abordar problemas da vida real demonstrada por parte de alunos que, encontrando-se no início do ensino secundário, serão a médio prazo integrados no mercado de trabalho ou em carreiras académicas, tem sido um foco de atenção por parte de dirigentes políticos e de educadores.

Em 1998, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico (OCDE) lançou o Programme for International Student Assessment (PISA) com a missão de avaliar quão bem preparados estariam alunos de quinze anos em Ciência, Leitura e Matemática para a vida activa do século XXI. Esta abordagem constituiu um “salto” da testagem de conhecimento passivo, centrado nos conceitos, teorias e princípios, para a avaliação da facilidade de usar activamente o conhecimento em novas situações.

Na primeira edição do PISA, em 2000, foi avaliado o desempenho em literacia científica, que envolve a resolução de problemas da vida real e não especificamente de acordo com um currículo escolar, tendo por base questões sobre temas actualizados do domínio público, incluindo aplicações da Ciência e da Tecnologia. Em 2003, foi avaliado especificamente o desempenho na

resolução de problemas em Ciência, tendo sido considerados os contextos em que os problemas se integravam como um aspecto crucial na concepção dos problemas, tal como refere o documento da OCDE (2003): “Portanto os contextos, domínios e situações em que a resolução de problemas é avaliada devem ser cuidadosamente seleccionados.” (p. 157). Em 2006, foi avaliada de novo a literacia científica, tendo sido seleccionados criteriosamente os contextos que integravam questões de resolução de problemas da vida real, conforme se pode ler no documento da OCDE (2007):

Os contextos usados nas questões foram escolhidos à luz da sua relevância na vida pessoal e interesses dos estudantes, representando situações inerentes à Ciência com que os adultos se deparam. Quase diariamente, os adultos ouvem e encaram decisões sobre a saúde, o uso de recursos, a qualidade do ambiente, (...). Os contextos de Ciência também dizem respeito a várias questões com que os dirigentes políticos se confrontam. (p. 36)

O PISA 2009 avaliou novamente o desempenho em literacia científica dando ênfase, mais uma vez, às situações de integração de questões de resolução de problemas da vida real, conforme refere o documento da OCDE (2010): “(...) os alunos podem consistentemente identificar, explicar e aplicar conhecimento científico numa variedade de situações complexas da vida real. Podem relacionar diferentes fontes de informação e explicações e usar evidência destas fontes para justificar decisões.” (p. 147)

Portugal tem participado em todas as edições do PISA. Os resultados mostram que os alunos portugueses de quinze anos de idade apresentam desempenhos sistematicamente abaixo da média dos seus pares de outros países da OCDE, apesar da melhoria registada na última avaliação. Mais concretamente, Portugal ficou em 28º lugar em 32 países em literacia científica no PISA 2000 (GAVE, 2001); em 30º lugar em 40 países no desempenho na resolução de problemas no PISA 2003 (GAVE, 2004), em 37º lugar em 57 países em literacia científica no PISA 2006 (OCDE, 2007) e, recentemente, em 25º lugar em literacia científica em 34 países (OCDE, 2010).

Embora a validade e a fiabilidade dos resultados dos programas PISA tenham sido criticadas (Sjøberg, 2007), a posição dos alunos portugueses no “ranking” internacional é preocupante. A própria Lei de Bases do Sistema Educativo em vigor o reconhece expressamente através do Decreto-Lei nº 55/2009 de 2 de Março do Ministério da Educação (2009):

Forçoso será admitir que, apesar de todos os esforços, o atraso educativo relativo aos padrões europeus está longe de ter sido superado e continua a existir um défice de qualificações no conjunto da população activa, mas também nas gerações mais jovens, que resulta da persistência do insucesso e do abandono escolar. (p. 1425)

Neste sentido, os objectivos preconizados para o ensino português têm dado ênfase ao desenvolvimento de capacidades inerentes, nomeadamente, ao desempenho na resolução de problemas da vida real como forma de assegurar o sucesso dos nossos alunos em futuras carreiras

académicas e a sua integração no mercado de trabalho. Com efeito, pode ler-se no programa curricular da disciplina *Física e Química A*, actualmente em vigor em dois dos cursos do ensino secundário (Ministério da Educação, 2001):

Escolhem-se situações problema do quotidiano, familiares aos alunos, a partir dos quais se organizam estratégias de ensino e de aprendizagem que irão reflectir a necessidade de esclarecer conteúdos e processos da Ciência e da Tecnologia, bem como das suas inter-relações com a Sociedade, proporcionando o desenvolvimento de atitudes e valores. (p. 5)

Infelizmente, estas orientações não têm sido transpostas para o terreno. Uma das possíveis causas de se ter instalado, um pouco por todo o mundo, esta tendência nas aulas de ciências prende-se, segundo Fensham (2009), com o facto de poucos professores de ciências terem tido a oportunidade de experimentar pessoalmente a natureza da Ciência como investigadores ou de estudá-la explicitamente como uma componente da sua educação, não considerando fácil adoptar, no seu ensino, estratégias de resolução de problemas baseadas em situações da vida real.

Com efeito, a literatura documenta que de um modo geral e não só em Portugal, ainda hoje nas aulas de ciências é muitas vezes pedido aos alunos que resolvam exercícios e que façam verificações de laboratório que estão longe daqueles que vão encontrar na vida real. Diversos autores advogam que o facto de os alunos não conseguirem usar o conhecimento adquirido na escola para abordar problemas em contextos da vida real se deve a estarem familiarizados com exercícios estereotipados, com a informação necessária e suficiente para chegar à solução, requerendo para ser resolvidos apenas a recordação de algoritmos em vez de apelarem a capacidades de pensamento de ordem superior. Tais exercícios, muitas vezes abusivamente designados por *problemas*, dificilmente obrigam os alunos a ultrapassar obstáculos existentes na vida real (Friege e Lind, 2006; Joshua e Dupin, 1991; Lemke, 1993; Lunetta, 1998).

Assim, uma possível razão explicativa dos resultados modestos dos nossos alunos é a natureza das actividades desenhadas para os programas PISA, quando comparada com os exercícios habitualmente resolvidos nas aulas. Estas actividades são inerentemente interdisciplinares, pouco estruturadas e contextualizadas em situações da vida real, tornando-se difíceis de resolver aos alunos, que não estão familiarizados com este tipo de abordagem.

Para além disso, não existe um consenso entre especialistas acerca de que contextos serão facilitadores da transferência de conhecimento científico para contextos novos. Diversos autores mostraram que contextos semelhantes aos das aulas tradicionais são facilitadores da aplicação de conhecimento científico (Auntoh e Woolnough, 1994; Engel-Clough e Driver, 1986) e do desempenho na resolução de problemas (Millar e Driver, 1987). Pelo contrário, Palmer (1993) mostrou que contextos semelhantes aos de aulas tradicionais de resolução de problemas de Física não são vantajosos na promoção do desempenho na resolução de problemas, pois os alunos não

reconhecem similaridades entre os contextos de aprendizagem e os de aplicação. Solomon (1983) argumenta que os contextos de aplicação de conhecimento semelhantes aos da vida real são desvantajosos em termos da construção do conhecimento científico, pois nestes contextos os alunos revertem para explicações utilizando linguagem do dia-a-dia. No entanto, por exemplo, Georghiades (2006) mostrou que contextos semelhantes aos da vida real são vantajosos para promover a resolução de problemas, pois o nível de desempenho dos alunos mantém-se estável por longos períodos de tempo, excedendo um ano escolar, enquanto que em contextos semelhantes aos das aulas tradicionais, o nível de desempenho decresce rapidamente. Ao nível exploratório, começam a surgir resultados de investigadores portugueses que apontam para a integração de actividades em contextos da vida real como forma de promover o desempenho na resolução de problemas (Lopes, Viegas, e Cravino, 2010; Vieira, 2007).

Por outro lado, como forma de promover o desempenho na resolução de problemas, diversos autores têm recomendado a identificação e a mobilização das capacidades de pensamento crítico dos indivíduos (McIntosh, 1995; Novais e Cruz 1989; Pizzini, Abell, e Shepardson, 1988; Rodrigues, 2001, 2010). Com esta finalidade, diversos autores recomendam que os alunos aprendem melhor a usar capacidades de pensamento crítico para abordarem problemas da vida real se em sala de aula a resolução de problemas for promovida em contextos semelhantes aos da vida real (Swartz et al., 1998); enquanto outros, argumentam que deve ser usada a maior gama possível de contextos, desde os académicos, em que são propostos exercícios que apenas requerem o uso de algoritmos, até aos da vida real, em que é exigido o uso de capacidades de pensamento crítico (Soláz-Portoléz e López, 2008; Sternberg, 1985).

Outra das razões que é sugerida para explicar os resultados modestos dos alunos portugueses no desempenho em literacia científica e em particular, no desempenho na resolução de problemas da vida real, é o nível educacional dos pais. De facto, Suter (2007) sugere que os resultados dos alunos portugueses seriam melhores se o nível educacional dos pais não fosse inferior ao da média dos pais dos outros países da OCDE. Com efeito e de acordo com Suter, Portugal ocupa uma posição única como país com a percentagem mais elevada de pais com nível educacional inferior à escola primária. Quase metade (48%) dos alunos portugueses avaliados no PISA 2003 declarou que os pais não tinham o ensino secundário completo contra 11% dos estudantes de todos os outros países da OCDE. De salientar que, segundo o relatório *Reviews of National Policies for Education: Tertiary Education in Portugal – Background Report* (Ministry of Science, Technology and Higher Education, 2006), Portugal é o segundo país da OCDE com a percentagem mais baixa de população de idade compreendida entre os 25-64 anos com, pelo menos, o ensino secundário completo. Mais concretamente, a percentagem da população nesta faixa etária nestas condições é cerca de 20% em Portugal, sendo por exemplo 76% nos Estados Unidos da América, 67% na Finlândia, 50% na

Irlanda e 75% na República Checa. A percentagem média da OCDE é cerca de 60%; portanto, três vezes superior à do nosso país.

Este estudo surge, pois, como um contributo para clarificar hipóteses explicativas acerca da influência do contexto de aprendizagem; nomeadamente, dos seus aspectos *natureza das actividades* propostas em sala de aula e *nível educacional dos pais*, no desempenho dos alunos na resolução de problemas e no uso de capacidades de pensamento crítico.

## 1.2 Relevância do Estudo

Como já se referiu anteriormente, é argumentado na literatura que o nível educacional dos pais e que a natureza das actividades que os alunos resolvem nas aulas influenciam o desempenho dos alunos na resolução de problemas e o uso de capacidades de pensamento crítico.

Não se conhecendo estudos empíricos que evidenciem de que modo o desempenho na resolução de problemas e o pensamento crítico são influenciados pela natureza das actividades implementadas em sala de aula e se esta influência depende do nível educacional dos pais, nem que identifiquem a natureza das capacidades do pensamento crítico usadas pelos alunos em contextos de aprendizagem que diferem nestes dois aspectos, pensa-se ser um contributo válido investigar o papel da natureza das actividades implementadas em sala de aula e do nível educacional dos pais no desempenho na resolução de problemas e no pensamento crítico não só para as práticas docentes, como também em termos de implicações para a investigação em Didáctica das Ciências e para a formação de professores.

Assim, a relevância deste estudo reside em contrapor duas abordagens didácticas em sala de aula: uma, que vai persistindo nas nossas escolas, em que alunos com pais de nível educacional alto e baixo trabalham unicamente em situações académicas resolvendo exercícios ou fazendo verificações de laboratório; e a outra, em que alunos com pais de nível educacional alto e baixo trabalham em actividades de resolução de problemas integradas em situações da vida real.

Espera-se encontrar evidências acerca das vantagens de cada abordagem didáctica no respeitante ao desempenho na resolução de problemas, ao nível e aos aspectos do pensamento crítico, bem como à natureza das capacidades do pensamento crítico usadas, visando alunos com pais de níveis educacionais diferentes.

## 1.3 Definição de Termos

Indicam-se a seguir as definições que foram adoptadas para os termos utilizados no estudo: Contexto de Aprendizagem, Natureza de uma Actividade, Problema da Vida Real, Exercício

Académico, Nível Educacional Alto, Nível Educacional Baixo, Desempenho na Resolução de Problemas, Processos, Produtos, Pensamento Crítico, Nível de Pensamento Crítico e Aspectos do Pensamento Crítico.

### **1.3.1 Contexto de aprendizagem.**

Entende-se como *Contexto de Aprendizagem* um conjunto de factores relacionados com o aluno, o professor e a escola (Bóo, 1999; Georghiades, 2006; Marzano, 2003). Abordam-se no estudo dois dos factores: 1) o nível educacional dos pais, relacionado com o aluno e 2) a natureza das actividades implementadas em sala de aula, directamente dependentes do professor.

### **1.3.2 Natureza de uma actividade.**

Define-se a *Natureza de uma Actividade* como uma característica que depende do grau de especificação de metas ou estruturação, da familiaridade dos métodos de resolução, da quantidade de dados fornecidos, do tipo de capacidades cognitivas envolvidas (Wood, 2006) e da contextualização em que é apresentada (OCDE, 2003). Dependendo da conjunção destes aspectos, considera-se que as actividades podem ter a natureza de problemas da vida real, ou de exercícios académicos, como os tradicionalmente usados nas aulas.

#### ***1.3.2.1 Problema da vida real.***

Entende-se como *Problema da Vida Real* uma actividade cuja natureza envolve metas abertas, métodos de resolução nem sempre familiares, ponderação de escolha de entre uma variedade de métodos de resolução, dados incompletos, necessidade de gerar dados através de trabalho experimental e/ou de pesquisa de literatura, uso de capacidades de pensamento crítico, multidisciplinaridade, múltiplas respostas aceites e integração num tema unificador relacionado com a vida pessoal ou de importância crucial para a comunidade ou para a sociedade.

#### ***1.3.2.2 Exercício académico.***

Entende-se como *Exercício Académico* uma actividade cuja natureza envolve metas especificadas, questões de resposta fechada, dados necessários e suficientes, métodos de resolução familiares, uso de capacidades de pensamento de ordem inferior, resposta única correcta e uma

apresentação sob a forma de colecção, de âmbito estereotipado e estritamente preso ao domínio, alheio à vida pessoal e à sociedade.

### **1.3.3 Desempenho na resolução de problemas.**

Entende-se como *Desempenho na Resolução de Problemas* a capacidade de um indivíduo usar processos cognitivos para confrontar e resolver situações reais e interdisciplinares, nas quais o caminho para a solução não é imediatamente óbvio e de apresentar produtos reconhecidos como válidos pela comunidade (OCDE, 2003).

#### **1.3.3.1 Processos.**

Consideram-se como *Processos* inerentes à resolução de problemas: 1) planear investigações e 2) rever o planeamento de investigações.

#### **1.3.3.2 Produtos.**

Consideram-se como *Produtos* inerentes à resolução de problemas: 1) comunicar os resultados aos outros, 2) aplicar conhecimento científico e 3) analisar e interpretar dados.

### **1.3.4 Nível educacional.**

Considera-se como *Nível Educacional* de um indivíduo uma categoria que representa o seu nível de progressão educacional. De acordo com o documento *International Standard Classification of Education* da United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, 1997), existem seis níveis educacionais. O mais baixo é o *nível zero*, correspondente à pré-primária, e o mais alto é o *nível seis*, que corresponde a uma qualificação em investigação avançada, requerendo a submissão de uma tese ou dissertação de qualidade publicável que represente um contributo significativo para o conhecimento. Por conseguinte, quanto mais complexos forem os programas educacionais completados por um indivíduo, mais elevado é o seu nível educacional.



#### ***1.3.4.1 Nível educacional alto.***

Considera-se como *Nível Educacional Alto* possuir, pelo menos, o *nível três* completo, que corresponde à qualificação formal no final do ensino secundário, ou seja no mínimo, ao 12º ano completo (UNESCO, 1997).

#### ***1.3.4.2 Nível educacional baixo.***

Considera-se como *Nível Educacional Baixo* ter, no máximo, o *nível dois* completo, que corresponde à qualificação formal no final da escolaridade obrigatória; ou seja no máximo ao 9º ano, podendo abranger ainda a frequência do ensino secundário (UNESCO, 1997).

### **1.3.5 Pensamento crítico.**

Adoptou-se a definição de Ennis (1987), que entende o *Pensamento Crítico* como “uma forma de pensar reflexiva, focada em decidir no que acreditar e o que fazer.” (p.10). Esta conceptualização de pensamento crítico envolve duas dimensões: capacidades, respeitantes aos aspectos cognitivos e disposições, que concernem os aspectos afectivos. É através da interacção entre estas dimensões que se pensa criticamente.

#### ***1.3.5.1 Nível de pensamento crítico.***

O *Nível de Pensamento Crítico* é a cotação obtida por um aluno no teste designado originalmente por *The Cornell Critical Thinking Test* – *Level X*, de Ennis e Millman (1985). Este teste tomou a designação *Teste de Pensamento Crítico – Cornell (Nível X)* depois de ter sido traduzido e adaptado para a língua portuguesa por Oliveira (1988).

#### ***1.3.5.2 Aspectos do pensamento crítico.***

*Aspectos do Pensamento Crítico* são sete categorias consideradas como capacidades de pensamento crítico: Indução, Dedução, Observação, Credibilidade, Assumpções, Significados e Juízo de Valores. As cinco primeiras capacidades são testadas explicitamente no Teste de Pensamento Crítico – Cornell (Nível X). Os significados são testados indirectamente e o juízo de valores não é incluído no teste.

## 1.4 Finalidades e Hipóteses do Estudo

A finalidade principal deste estudo é averiguar se a natureza das actividades usadas em sala de aula de ciências influencia o desempenho na resolução de problemas, o nível e os aspectos do pensamento crítico bem como, a natureza das capacidades de pensamento crítico usadas pelos alunos. A outra finalidade é averiguar se o nível educacional dos pais modera a influência da natureza das actividades sobre o desempenho na resolução de problemas e sobre o nível e os aspectos do pensamento crítico.

Para dar cumprimento a estas finalidades formularam-se as seguintes hipóteses nulas:

$H_0$  (1) A natureza das actividades não influencia o desempenho na resolução de problemas dos alunos.

$H_0$  (2) A natureza das actividades não influencia o nível de pensamento crítico dos alunos.

$H_0$  (3) A natureza das actividades não influencia os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam.

$H_0$  (4) O nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades sobre o desempenho na resolução de problemas dos alunos.

$H_0$  (5) O nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades sobre o nível de pensamento crítico dos alunos.

$H_0$  (6) O nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades sobre os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam.

## 1.5 Desenho de Investigação

Atendendo às hipóteses formuladas neste estudo e à selecção não aleatória dos sujeitos da amostra, usou-se o desenho de investigação quasi-experimental de grupo de controlo não equivalente com pré e pós-teste.

## 1.6 Tratamento e Análise de Dados

Colheram-se os dados usando como principais instrumentos duas das actividades concebidas e avaliadas propositadamente para usar no estudo, o teste de pensamento crítico de Cornell (nível X) e um questionário acerca do nível educacional dos pais. Para organizar e analisar os dados colhidos, recorreu-se à análise de conteúdo e à análise estatística baseada em testes paramétricos disponibilizados no programa SPSS 17.0.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DE LITERATURA

Apresenta-se neste capítulo uma revisão dos quadros teóricos dos três grandes temas que servem de “pano de fundo” a este estudo: o contexto de aprendizagem, a resolução de problemas e o pensamento crítico. Em primeiro lugar aborda-se, de acordo com a linha construtivista, a necessidade de considerar o papel do contexto na aprendizagem e discute-se a sua importância no ensino da resolução de problemas em Ciência. Depois, dá-se conta de sucessivas correntes psicológicas e filosóficas fundamentais na investigação da resolução de problemas e referem-se os pontos de cruzamento entre esta área e o pensamento crítico. Por fim, aborda-se a avaliação do desempenho na resolução de problemas, tomando-se posição sobre questões relacionadas com a sua validade e fiabilidade.

#### 2.1 Contexto e Contexto de Aprendizagem

A origem latina da palavra *contexto* é *contexere*; que significa “mover-se junto”. De acordo com este significado, vários autores da corrente construtivista entendem como *contexto* algo que se move juntamente com o acto de aprendizagem, comparável à “analogia da corda” (Figueiredo e Afonso, 2006). Uma corda, sendo constituída por fibras individuais, descontínuas, que torcidas juntas formam roscas e estas, torcidas, formam a corda, não pode ser descrita como encontrando-se “à volta” das fibras. A corda existe devido às fibras e às relações que as mantêm juntas. Assim, as fibras e a corda dão sentido umas às outras e geram-se mutuamente, tal como as actividades de aprendizagem e o contexto.

Tendo por base esta analogia, o *contexto* pode ser definido como o conjunto das interacções que o aprendente desenvolve. Tais interacções organizam a experiência de aprendizagem, tornando o contexto dependente da actividade do aprendente.

Uma outra conceptualização de *contexto*, mais abrangente, é a que emerge da teoria da actividade, desenvolvida desde os anos vinte do século XX e oriunda da ex-União Soviética. Segundo Leont'ev (1977), a actividade “(...) está relacionada com o confronto entre o Homem e obstáculos que fazem divergir, mudar e enriquecer a actividade.” (p. 4). De acordo com esta teoria, *contexto* é tudo aquilo que toma lugar quando os indivíduos desenvolvem uma actividade envolvendo objectos, acções e operações (Nardi, 2001). Ao desenvolverem actividades, os indivíduos estabelecem objectos e conduzem acções através de operações e assim, criam contextos que se podem ir alterando no decurso da actividade. Esta é também uma visão construtivista de *contexto*, já que este é dinâmico e muda à medida que o indivíduo desenvolve a actividade. Nesta perspectiva, vários autores entendem como *contexto* uma relação entre o local físico onde decorre a actividade do indivíduo e o cenário, que é criado pelas experiências individuais (Lave, Murtaugh, e Rocha, 1999).

Pelo contrário de acordo com a visão positivista, as actividades do indivíduo decorrem dentro do contexto, o qual é imutável e previsível. Assim, as perspectivas construtivista e positivista entram em conflito quando se trata de definir conceitos como *contexto* e *contexto de aprendizagem* (Figueiredo e Afonso, 2006; Klassem, 2006). Na perspectiva positivista, o contexto de aprendizagem é entendido como o domínio específico do conhecimento que o aluno pretende adquirir, relacionado com os conteúdos disciplinares. Na visão construtivista, o *contexto de aprendizagem* diz respeito à integração dos conteúdos disciplinares que o aprendente vai fazendo lado-a-lado com a actividade que desenvolve.

A expressão *contexto de aprendizagem* encontra-se referida na literatura muitas vezes como *ambiente de sala de aula* e *atmosfera de sala de aula* (Anderson, 1995; Bóo, 1999). Contudo segundo Wenger (1998), a aprendizagem desenrola-se em contextos da vida real, constituindo uma parte integrante da participação dos indivíduos na vida social. Os processos de reflexão, aprofundamento e conceptualização que adquirimos ao interagir com outros, com quem partilhamos situações e experiências de vida, fazem-nos ultrapassar fronteiras entre contextos de aprendizagem *formais* e *informais*.

Contextos de *aprendizagem formal* são considerados como situações de aprendizagem em sala de aula, enquanto que contextos de *aprendizagem informal* são considerados situações de aprendizagem fora da escola (Buck, Latta, e Leslie-Pelecky, 2007; Dori e Tal, 1998). Por exemplo, segundo Dori e Tal, “A educação informal toma lugar geralmente em museus, jardins zoológicos, centros de divulgação da Ciência e visitas de campo” (p. 96). “A aprendizagem formal é feita na aula (...)” (p. 98).

Para além destas definições, Leighton, Rogers, e Maguire (1999) consideram como *contexto de aprendizagem informal* toda a situação criada em sala de aula em que se usem problemas pouco

estruturados para promover o uso de processos cognitivos associados a situações do dia-a-dia; e para English (1998), *contexto de aprendizagem informal* é qualquer situação em sala de aula em que se usem problemas de Matemática isentos de linguagem simbólica.

Actualmente, a nível europeu é reconhecido que todos os contextos podem ser de aprendizagem. De acordo com a European Commission Education of Training (2010), podem ser distinguidos três tipos de contextos em que se desenrola a aprendizagem:

- A *aprendizagem formal*, que se adquire nos sistemas institucionais de educação e formação;
- A *aprendizagem não formal* que resulta de actividades de formação não institucionais, como por exemplo, algumas de carácter profissional; e
- A *aprendizagem informal*, que decorre das actividades da vida quotidiana relacionadas com o trabalho, a família ou o lazer.

Segundo Cachapuz, Paixão, Lopes, e Guerra (2008), o estudo de contextos de aprendizagem não formal constitui, a nível internacional, uma linha de investigação em Educação em Ciência emergente desde o início dos anos noventa do século XX.

De acordo com a literatura consultada, os contextos considerados neste estudo são de aprendizagem formal, pois de acordo com as finalidades do estudo, averiguou-se a influência de dois aspectos; a natureza das actividades implementadas em sala de aula e o nível educacional dos pais, sobre o desempenho na resolução de problemas em Ciência e sobre o pensamento crítico dos alunos.

Tendo por base a conceptualização Marzano (2003), que nos pareceu ser a mais detalhada e, simultaneamente, a mais fácil de operacionalizar em sala de aula, estabeleceu-se neste estudo o conceito *contexto de aprendizagem* como tratando-se de um conjunto de aspectos relacionados com a escola, com o professor e com o próprio aluno.

Os aspectos relacionados com a escola são: o ambiente físico dentro e fora de portas, o ambiente social, o envolvimento dos pais e da comunidade nas decisões, o ambiente de segurança e ordem, o método de avaliação, o profissionalismo e o sentido de instituição do pessoal, o currículo e o enquadramento físico da aprendizagem, como por exemplo, o laboratório ou os seus limites (Bóo, 1999; Marzano, 2003). Estes aspectos são “situados”, pois dependem da especificidade da escola. Como tal, cada escola pode identificar na prática, através de sondagens, os aspectos que precisam de ser modificados, sempre que for considerado que uma mudança do contexto pode levar à melhoria da aprendizagem individual.

Os aspectos relacionados com o professor são: as crenças e valores, o desenho do currículo implementado, o tema estudado, as estratégias de ensino, o exemplo específico usado no momento e a coordenação disciplinar (regras e procedimentos na aula). Segundo Roth e Roychoudhury (1993), o contexto dos problemas de ciências é a finalidade, a estrutura física e conceptual da actividade e o meio social em que está enquadrada. Vários autores consideram que todo o tipo de estratégias de ensino e de aprendizagem, nomeadamente: *problem-based learning*, *inquiry-based learning*, *situated learning*, *role playing*, *question posing*, *panel discussions*, *simulations*, *debates*, *project-based learning*, *case studies* e *learning by doing*, são contextos de aprendizagem (Figueiredo e Afonso, 2006; Georghiades, 2006).

Os aspectos relacionados com o aluno são: o apoio dado pelo ambiente familiar à vida geral e académica, associado ao nível educacional dos pais, a inteligência aprendida, o conhecimento de base adquirido incidentalmente e a motivação (Bóo, 1999; Marzano, 2003; McGraw, 1992).

Este estudo foca a atenção em dois dos aspectos do contexto de aprendizagem assim definido: um, dependente do professor (a natureza das actividades propostas em sala de aula) e o outro, relacionado com o aluno (o nível educacional dos pais).

Tendo-se estabelecido o conceito *contexto de aprendizagem*, aborda-se a seguir, de acordo com a perspectiva construtivista do conhecimento, o papel fundamental que o contexto tem na aprendizagem.

## 2.2 Perspectiva Construtivista da Aprendizagem

A perspectiva behaviorista da aprendizagem, segundo a qual o aluno era considerado como uma *tabula rasa* que podia, através de reforços, memorizar rotineiramente conhecimento fragmentado e debitá-lo num teste voltando ao professor sem alteração, deu lugar à visão construtivista. Esta perspectiva reflectiu-se na forma de encarar a aprendizagem das ciências, que passou a ser considerada como um processo em que “(...) os indivíduos criam ou constroem o seu próprio conhecimento ao longo da vida e modificam-no continuamente relacionando novos conceitos com outros (...)” (Gabel e Bunce, 1994, p. 301). A visão construtivista dá ênfase à natureza multidimensional da aprendizagem e à relação entre a inteligência do indivíduo e o contexto. Tal como afirma Birenbaum (1996),

Ao contrário das concepções tradicionais da aprendizagem baseadas na teoria behaviorista (...) que viam a inteligência como algo fixo e distribuído normalmente pela população, a inteligência tem uma natureza não estática. A mensagem é que se pode aprender como aprender e que não existe uma forma única e melhor de ensinar todos os aprendentes. Mais,

(...) assume-se que os processos mentais dependem do contexto social e cultural no qual ocorrem e são criados à medida que o aprendente interage com o ambiente. (p. 6)

As teorias de Piaget, Ausubel e Vygotsky são consideradas marcos fundamentais do paradigma construtivista da aprendizagem. Todas tiveram repercussões importantes no ensino das ciências; nomeadamente, na forma de avaliar o conhecimento científico (Klassem, 2006; Slater, Ryan, e Samson, 1997; Tamir, 1996).

Segundo Phillips (1977), a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, embora influenciada pela corrente cognitiva, pode ser considerada construtivista, pois dá ênfase à sucessão de mudanças das estruturas mentais do indivíduo para se adaptar a mudanças no ambiente. Estas mudanças são feitas através de processos mentais de equilíbrio, acomodação e assimilação; ou seja, através da inteligência que é, em parte, herdada no código genético e em parte, construída por maturação e por mediação com estímulos exteriores.

Ausubel (2002) argumenta que a aprendizagem não depende do estágio de desenvolvimento mental do indivíduo; torna-se significativa quando o indivíduo constrói significados reais, estáveis e integrados na memória a longo-prazo a partir da interação entre significados potencialmente novos e ideias pré-existentes na sua estrutura cognitiva.

Apesar de divergirem, as teorias de Piaget e de Ausubel têm em comum a visão da aprendizagem como um processo de construção por parte do aprendente e do papel fundamental do conhecimento prévio na aprendizagem.

Por outro lado, Vygotsky reivindicou a partir das suas observações que a aprendizagem é construída desde o nascimento como consequência da interação social e portanto, não é espontânea; isto é, não depende da estrutura mental interna da criança. Por exemplo, a familiaridade da criança com os objectos depende da educação que recebe. Assim, esta teoria pressupõe, ao contrário da teoria piagetiana, que o modo como se dá o desenvolvimento intelectual dos indivíduos não é universal, as estruturas mentais dos indivíduos não se generalizam através das tarefas, contextos, domínios, populações e culturas.

A perspectiva construtivista do desenvolvimento do conhecimento científico também foi defendida sob o ponto de vista filosófico. Segundo Kuhn (1977), desde o século XVII que a construção do conhecimento científico é feita com base em interações constante entre o cientista e os contextos científicos vigentes. Por exemplo, quando Newton se focou em tópicos científicos recentes na época tais como a Química, a electricidade e o calor, escolheu, de entre a literatura do século XVII, as observações e experiências que podiam esclarecer resultados teóricos que eram assumidos na época. A este propósito, Kuhn explica como o conhecimento científico resultou de uma construção intelectual do seguinte modo: “(...) Newton foi capaz de justapor constantemente

experiências seleccionadas de acordo com a teoria e os seus resultados obtiveram-se a partir desta justaposição.” (p. 84).

Também Bachelard (2004) defende que o desenvolvimento do conhecimento científico é feito com base nas questões com que os cientistas se defrontam, levando-os a construir e a definir os problemas para depois agir sobre eles. Em Ciência, os problemas não surgem espontaneamente, são estabelecidos a partir de conhecimento científico e da interacção entre esse conhecimento e o contexto. Este argumento é claramente expresso por Bachelard quando escreve:

Na vida científica, diga-se o que se disser, os problemas não se põem por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que assinala o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo o conhecimento é resposta a uma questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico. Nada surge por si. Nada é dado. Tudo é construído. (p. 16)

Esta perspectiva expressa em termos do desenvolvimento do conhecimento científico e, em particular, da natureza da resolução de problemas é justamente um dos pressupostos deste estudo. Assume-se que, tal como argumenta Glasersfeld (1988), o conhecimento resulta de uma construção individual do aprendente, de uma procura de integrar conceitos e gerar soluções e não de uma transmissão feita do exterior que pode ser introduzida através de comunicação linguística. Este pressuposto implica, naturalmente, assumir que o modo como o conhecimento é reconstruído pelo indivíduo é necessariamente condicionado pelo contexto. Klassem (2006) defende explicitamente esta ideia:

Nova informação é sempre ligada a informação similar onde a sobreposição conceptual ou contexto é o factor dominante. Nesta linha de raciocínio, chega-se à importância do contexto no processo de aprendizagem, pois não é possível existir informação isolada na memória a longo prazo, e no processo de raciocínio há constantemente tentativas para estabelecer ligações entre conceitos. (p. 831)

Assim, na formulação das hipóteses deste estudo assumiu-se o pressuposto de que a aprendizagem da resolução de problemas, tal como toda a aprendizagem, é um processo intrinsecamente dependente do contexto em que decorre.

## **2.3 Papel do Contexto na Resolução de Problemas**

Actualmente, a resolução de problemas é considerada por vários autores como a actividade intelectual mais ubíqua, absorvente e essencial não só no desenvolvimento do conhecimento científico, como também na vida diária e profissional dos indivíduos (Jonassen e Kim, 2010;



Popper, 1999). Segundo Popper (1999), a resolução de problemas está presente como ponto de partida nas actividades que desenvolvemos ao longo da vida.

É também reconhecido pela comunidade educativa que a actividade da resolução de problemas se processa de uma forma dependente do contexto (Birenbaum, 1996; Hobden, 1998; Millar e Driver, 1987; Soláz-Portoléz e López, 2008). No entanto, foi necessário acumularem-se resultados de investigadores nas áreas da Antropologia, Educação, Filosofia, Psicologia e Sociologia durante os últimos 30 a 40 anos para se passar a ver a resolução de problemas como um processo dependente do contexto.

Por exemplo, Lave (1997) mostrou que indivíduos que, ao fazer compras de supermercado, resolviam problemas de aritmética sem erros, cometiam erros frequentemente em situação de teste formal em problemas equivalentes. Conforme a autora relata:

(...) descobrimos que os participantes (...) não tinham consciência da sua eficácia em Matemática em cenários não escolares. (...) Muitas vezes, um processo de resolução ocorre no cenário com a representação do problema, e pode transformar o problema para o indivíduo que o resolve. (p.169)

Do mesmo modo, Schliemann e Acioly (1989) mostraram que o desempenho de indivíduos na resolução de problemas envolvendo cálculos e proporções ao gerir um jogo no local de trabalho não dependia dos anos de escolaridade.

Vários estudos etnográficos desenvolvidos com cientistas em contextos da vida real, no trabalho, sugerem que os cientistas usam capacidades cognitivas de uma forma intrinsecamente ligada ao contexto, tal como o cidadão comum, e não uma sequência invariável de etapas de resolução de problemas. Por exemplo, Latour e Woolgar (1996) argumentam que o modo como foi conduzida a descoberta da hormona Thyrotropin Releasing Factor (TRF) foi influenciado pelos contextos:

A obtenção repetida de dois picos em 1962 sugeria fortemente um indício da presença de um novo composto discreto, mas ninguém afirmava ter descoberto uma substância. (...) A lista de artigos técnicos publicados pelo grupo de Guillemin entre 1962 e 1966 forneceu um contexto no qual a TRF foi estabelecida como um composto estável.” (p. 117-118)

Assim, o uso que fazemos das nossas capacidades cognitivas não é desligado do contexto. Rogoff (1999) exprime claramente esta assumpção:

A evidência sugere que a nossa habilidade de controlar e gerir capacidades cognitivas não é uma competência abstracta e dissociada do contexto que possa ser transferida através de problemas em diversos domínios, mas consiste, antes, numa actividade cognitiva especificamente ligada ao contexto. (p. 3)

Na área da resolução de problemas, no domínio da Matemática, Roth (1996) critica a investigação focada apenas em características cognitivas individuais como, por exemplo, a capacidade de decodificar textos. É um erro assumir que um determinado tipo de textos é inerentemente problemático e que, por isso, motiva o indivíduo a usar as suas capacidades. De acordo com Rogoff e Lave (1999), se a história que envolve um determinado problema é problemática ou não, depende da relação que o indivíduo estabelece com ela.

Não existe um consenso na comunidade educativa acerca de um tipo único de contextos a ser usado no ensino das ciências para ultrapassar estas dificuldades. Diversos autores criticam os exercícios tradicionais que são resolvidos geralmente nas aulas, recomendando o uso de contextos semelhantes aos da vida real para permitir aos alunos usar uma gama de capacidades inerentes à resolução de problemas.

No domínio da Ciência, Millar e Osborne (1998) expressam a preocupação com o facto de muitos alunos com sucesso no currículo revelarem uma compreensão inadequada dos conteúdos ao lidar com contextos da vida real:

Demasiados jovens completam a sua educação obrigatória em Ciência com sucesso aparente, ainda que sem qualquer familiaridade com ideias científicas com que é provável confrontarem-se fora da escola. Mesmo para aqueles que têm ‘sucesso’ com o curriculum em vigor, o tipo de ‘compreensão’ que alcançam não lhes permite lidar efectiva e confiantemente com informação científica em contextos do dia-a-dia. (p. 8-9)

Por exemplo, Zoller (1987) recomenda o uso de estratégias com recurso a problemas da vida real de Química que apelem a processos de tomada de decisão.

Roth e Roychoudhury (1993) consideram que em ciências é essencial usar investigações autênticas enquadradas no contexto para desenvolver capacidades de pensamento de ordem superior, pois as representações mentais que emergem destas actividades não são facilmente substituíveis por descrições.

Hill (1998) propõe que a resolução de problemas seja baseada em contextos reais, nos quais os processos de resolução são dinâmicos, promovem a construção de conhecimento conceptual e podem encorajar considerações sobre interacções tecnológicas, humanas e ambientais.

Bóo (1999) recomenda criar contextos de resolução de problemas em ciências em que seja dada oportunidade aos alunos de adquirir conhecimento ou informação, de mudar as suas opiniões, de dramatizar um conceito, de criar um produto ou de usar informação tecnológica para um propósito. Segundo Bóo, a resolução de problemas encarada desta forma desafia o pensamento, desenvolve o pensamento criativo e lógico e aumenta a confiança dos alunos na sua facilidade de resolver problemas noutras situações.

Caillot (2006) recomenda que se apresentem a alunos de Física contextos reais a partir das quais eles possam desenvolver modelos, formular hipóteses, construir problemas e resolvê-los de acordo com as finalidades que eles próprios estabeleceram.

Lunetta (1998) recomenda que se abandonem as receitas de laboratório díspares, passando-se a integrar no currículo actividades de natureza investigativa em contextos reais.

Outros autores têm recomendações quanto ao tipo de contextos a usar para promover o uso de capacidades de pensamento crítico inerentes à resolução de problemas. Por exemplo, Kassem (2000) propôs o uso de contextos da vida real como forma de melhorar a transferência de capacidades de pensamento crítico através do programa *Create, Reflect, Teach, Assess* (CRTA), baseado em quatro passos: 1) Criar uma atmosfera na escola que encoraje atitudes de abertura e disposição para aceitar desafios, sem receio de ameaças, 2) Reflectir acerca das capacidades de pensamento e rever os objectivos de ensino 3) Nomear e praticar as capacidades/disposições de pensamento crítico a ser ensinadas, e 4) Avaliar o uso de capacidades de pensamento crítico em contextos da vida real.

### **2.3.1 Implicações do uso de contextos da vida real na aprendizagem e no ensino das ciências.**

Referindo-se aos contextos usados pelo programa PISA 2006, que consistem em situações da vida real com interesse para os alunos dos países participantes e com importância para a vida moderna incluindo aplicações da Ciência e da Tecnologia (C&T), Fesham (2009) considera que estes contextos são fontes ricas de:

- Itens que dão ênfase tanto ao conhecimento *da Ciência*, como ao conhecimento *sobre a Ciência*. Nestes contextos, é tão natural perguntar: *Que questões científicas se relacionam com este assunto?* Como: *Quais são os conceitos científicos subjacentes?*
- Itens que são apresentados em séries coerentes, em vez de serem apresentados isoladamente, tratando de uma competência de cada vez. Assim, um último item na série permite prosseguir o pensamento sobre o contexto que começa no primeiro,
- Itens que avaliam atitudes científicas. A inclusão destes itens permitiu passar a mensagem de que a aprendizagem de Ciência deve traduzir-se tanto em aspectos cognitivos, como em aspectos afectivos (interesse por temas de Ciência, apoio ao inquérito científico face a problemas reais e de interesse actual),

- Uma variedade de itens que podem sugerir diversas investigações científicas possíveis sem esgotar os contextos,
- Inclusão de aspectos sociais, estéticos, económicos e éticos, o que constitui uma nova pedagogia poderosa para envolver os alunos na Ciência contextualizada tanto afectivamente, como cognitivamente,
- Potencialidade de gerar interesse pessoal intrínseco nos alunos, e o seu significado global e social pode adicionar a este potencial uma qualidade extrínseca a este interesse.

As implicações do uso de contextos como estes para as práticas docentes dos professores de ciências, segundo Fensham (2009), são vantajosas para o ensino da Ciência. Tratando-se de situações multidisciplinares, uma das vantagens oferecidas é o facto do mesmo contexto poder ser usado por professores de uma, ou de várias disciplinas integradas de Ciência. A outra vantagem, é o facto do contexto proporcionar ao professor a possibilidade de fazer uma abordagem mais holística e equilibrada da Ciência subjacente.

## **2.4 Resolução da Problemas: Abordagens Filosófica e Psicológica**

Faz-se neste ponto uma breve revisão de diferentes correntes da Psicologia e da Filosofia que de acordo com Sternberg (1994), têm constituído marcos de referência, desde há quatro séculos, na investigação na área da resolução de problemas.

As primeiras abordagens da resolução de problemas têm raízes na teoria do raciocínio silogístico de Aristóteles desenvolvida durante o século IV a.C. A corrente filosófica *associacionista*, surgida em Inglaterra nos séculos XVII e XVIII, advogava que a mente representava o mundo como um conjunto complexo de ideias. O nível de interligação entre as ideias aumentava desde a infância até à idade adulta através da experiência. Em meados do século XIX, usando uma abordagem semelhante à experimental, os associacionistas discutiam a força das associações entre ideias e sugeriam possíveis medições dessa força. Paradoxalmente, alguns associacionistas também defendiam que as ideias complexas podiam ser diferentes da adição de ideias mais simples e por essa razão, teriam que ser estudadas por si mesmas; ou seja, seria necessário algo mais do que analisar por partes as ideias para compreender completamente a mente.

Foi na segunda metade do século XIX, na Alemanha, que se estabeleceu o primeiro laboratório dedicado ao estudo da mente no âmbito de uma corrente da Psicologia: *o estruturalismo*. Para os estruturalistas, a finalidade da Psicologia era compreender a estrutura da mente usando os

métodos das ciências naturais. Esta corrente, muito influenciada pelo associacionismo, tinha como pressuposto o dualismo; isto é, a mente e o organismo eram considerados como aspectos dissociados, sendo a mente passível de ser analisada por introspecção. Os processos complexos da actividade mental eram compostos por processos mais simples e deveriam ser compreendidos a partir deles. Alguns estruturalistas advogavam, por outro lado, que os processos mentais superiores eram demasiado complexos e irregulares para serem analisados no laboratório.

O estruturalismo não era a única abordagem científica da Psicologia nos finais do século XIX. Nesta época, surgiu na Alemanha a corrente da *Psicologia da acção*. Os seguidores desta escola desenvolviam o estudo do pensamento em laboratório e opunham-se ao estruturalismo; questionavam a descrição da mente como uma estrutura estática argumentando que, em vez de ser constituída por uma simples soma de sensações elementares, incluía aspectos inconscientes e funcionava de uma forma organizada, claramente dirigida para gerar uma solução para o problema proposto.

Desde o final do século XIX que os psicólogos americanos, influenciados por naturalistas como Darwin e Galton, começaram a dar ênfase ao papel da mente na adaptação do organismo ao ambiente. Esta corrente, designada por *funcionalismo*, representou também uma oposição ao estruturalismo, já que o foco da investigação era tanto a mente, como o comportamento. Deste modo, a importância da separação entre a mente e o organismo foi posta de parte. Os funcionalistas argumentavam que a mente tinha um papel vital na adaptação do organismo ao ambiente e estudavam este papel usando actividades da vida real, em vez de tarefas muito estruturadas. Com base no funcionalismo surgiu, pela primeira vez, a conceptualização filosófica do *pensamento reflexivo ou crítico* como um conjunto de etapas, consideradas como fases do processo de resolução de problemas (Dewey, 1910).

Um outro movimento oposto ao estruturalismo dominou o quadro da Psicologia durante a primeira metade do século XX, em particular, nos Estados Unidos da América: o *behaviorismo*. Do ponto de vista da investigação na área da resolução de problemas, esta era vista como uma actividade de aprendizagem gradual, feita por tentativa e erro, podendo ser mediada por estímulos verbais. Os behavioristas defendiam a necessidade de ensinar estratégias de resolução de problemas de forma a dar resposta apropriada ao estímulo presente no problema. As estratégias eram estabelecidas a partir de outros estudos em que as respostas incorrectas eram extinguidas e a resposta correcta era reforçada até se tornar dominante na situação em questão.

Um movimento que também rejeitou o estruturalismo foi a *Psicologia gestalt*, que teve origem na Alemanha na primeira metade do século XX e emigrou para os Estados Unidos da América. Os seguidores desta corrente tinham como principal pressuposto subjacente à resolução de problemas a experiência *insight*. Nesta experiência, perante um problema, em que há tensões não

resolvidas no campo psicológico, o indivíduo tem que reajustar o sistema psicológico sob tensão. Quando é alcançado o modo apropriado de olhar para o problema, a solução surge quase automaticamente, num momento de insight.

O período de transição marcante na investigação na resolução de problemas ocorreu na década de cinquenta do século XX devido a uma forte influência da tecnologia dos computadores, então emergente. Foi proposta a teoria do *processamento de informação*, segundo a qual podiam ser usados programas de computador como modelos do pensamento humano. Tendo por base esta teoria, Newell e Simon desenvolveram nos Estados Unidos da América, em 1972, o modelo geral de resolução de problemas com base na verbalização da resolução do problema proposto, de modo a aceder à estratégia utilizada pelos indivíduos e a generalizá-la, independentemente do conteúdo. Para aceder às estratégias desenvolvidas pelos indivíduos ao resolver problemas, era usado como método de estudo o formato de “pensamento em voz alta”; para representar os passos realizados na resolução do problema, era usado o modelo de funcionamento do computador. Como consequência desta abordagem, nas discussões sobre a resolução de problemas passaram a empregar-se os termos: *hipótese, estratégia, heurística, codificar e recuperar*.

A teoria do processamento de informação convergiu com uma corrente psicológica que, em meados da década de sessenta do século XX, havia ganho relevância: a *Psicologia cognitiva*, de que é exemplo a teoria do desenvolvimento intelectual de Piaget, formulada pelo seu grupo de investigação de Genebra desde a década de 20. Esta teoria tem uma abordagem da resolução de problemas centrada na lógica mental e no modo como esta lógica evolui. Desde que um indivíduo atinja o estágio das operações formais, estará apto a resolver qualquer problema. Muito embora Piaget descreva os estádios do desenvolvimento como tratando-se do “melhor” que o indivíduo consegue fazer durante um determinado período, podendo ocorrer manifestações de mais do que um estágio em cada grupo etário e sendo as delimitações de idade aproximadas, esta teoria foi questionada perante resultados da investigação que não eram consistentes com a existência de estádios de desenvolvimento mental cuja sequência é a mesma para todos os indivíduos (Gennovese, 2003; Tryphon e Vonèche, 1996).

Uma corrente da Psicologia cognitiva cuja importância que se sobrepôs à abordagem de Piaget no ensino das ciências foi o *construtivismo*. Considerada como a principal precursora do construtivismo, a teoria da *aprendizagem significativa* de Ausubel, lançada em 1963, pressupõe que o factor que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendente já sabe e não o seu estágio de desenvolvimento mental. Esta visão da aprendizagem assume como pressuposto relativamente ao processo de resolução de problemas que, quando se raciocina para resolver um problema, os conteúdos sobre os quais se raciocina influenciam o sucesso na resolução do problema. Tal como afirma Perales Palacios (1993):

O ponto de partida da tomada de posição no cenário da resolução de problemas é a dependência entre o dito processo e o conteúdo em que se contextualiza o problema. (...) Confirmava-se assim que o raciocínio não só tem forma, como também tem conteúdo.” (p. 173)

A visão da resolução de problemas como um processo independente do indivíduo e do contexto, apenas baseado na estrutura lógica, deu lugar à visão construtivista, passando a ser considerada como um processo que depende da representação mental por parte do sujeito e do conteúdo em que se contextualiza o problema (Tobin, Tippins, e Gallard, 1994).

A conceptualização da resolução de problemas que emerge da corrente construtivista da aprendizagem, vendo-a como um processo que depende do contexto em que se integra o problema, é outro pressuposto das hipóteses formuladas neste estudo.

#### 2.4.1 Modelos.

Com base nas correntes filosóficas e da Psicologia cognitiva, ao longo do século XX foram desenvolvidos diversos modelos para explicar o modo como se processa a resolução de problemas, ou para prescrever o modo como se deve processar (Nickerson, 1994). Os diferentes modelos tentam caracterizar a forma como a resolução de problemas se processa através de etapas. A tabela seguinte resume, como exemplo, quatro dos modelos de resolução de problemas que foram propostos ao longo dos últimos 100 anos.

Pode observar-se a partir desta tabela que os diferentes modelos descrevem de uma forma comum a resolução de problemas como um processo faseado por etapas sucessivas que se inicia com a detecção do problema seguida da definição, formulação de hipóteses, delineação de estratégias de verificação e termina com a avaliação da solução. Algumas das etapas indicadas são coincidentes nos diferentes modelos: por exemplo, a *definição do problema* é comum nos modelos de Dewey e de Bransford e Stein; a *verificação* é comum nos modelos de Dewey e de Wallas e *olhar para trás* é comum nos de Polya e de Bransford e Stein.

O modelo de Wallas é claramente inspirado na corrente gestalt, pois inclui a experiência do insight ou iluminação na terceira etapa. O modelo de Bransford e Stein é conhecido pela sigla *IDEAL*, visto que cada letra indica o nome das etapas que, segundo os autores, são percorridas na resolução de problemas. Vários outros modelos faseados de resolução de problemas tomaram grande relevância na comunidade educativa; especialmente, a partir da década de 60. Foi o caso do modelo inspirado na teoria do processamento de informação, construído com base em descrições detalhadas de verbalizações por parte de indivíduos experientes na resolução de problemas para aceder às representações mentais que utilizavam. Estas descrições eram contrastadas com as

verbalizações de indivíduos pouco experientes à medida que resolviam problemas bem definidos, em domínios específicos. Deste modo, foram desenvolvidos programas de computador que ajudavam, com sucesso, alunos inexperientes a resolver determinado tipo de problemas.

Tabela 1

*Exemplos de Modelos de Resolução de Problemas*

Dewey 1910	Wallas 1926	Polya 1945	Bransford e Stein 1984
Detecção do problema	Preparação, tentativa de definir claramente, procura de factos e informação relevantes	Compreender o problema	(I) Identificar o problema
Definição do problema	Incubação	Elaborar um plano, estratégia de resolução	(D) Definir e representar o problema
Formulação de hipóteses	Iluminação	Executar o plano, implementar a estratégia	(E) Explorar possíveis estratégias
Verificação das hipóteses	Verificação da solução	Olhar para trás, validar a solução encontrada	(A) Agir sobre as estratégias
Incorporação da solução na estrutura cognitiva			(L) Olhar para trás e avaliar os efeitos das actividades desenvolvidas

No entanto, esta metodologia não teve sucesso pois não era possível descrever, independentemente do conteúdo, as capacidades de pensamento de ordem superior usadas por indivíduos experientes, decompô-las em capacidades mais simples e ensiná-las a indivíduos pouco experientes.

Apesar disto, o modelo do processamento da informação, bem como outros modelos faseados continuam a ser usados hoje em dia em investigação no ensino das ciências e noutras áreas de conhecimento. Por exemplo, Wood (2006) tomou por base este modelo no seu estudo sobre resolução de problemas de Química e Barra, Urbina, e Barra (2000) usaram o modelo de Polya para avaliar o processo de resolução de problemas de Matemática com alunos de engenharia.

Contudo, os modelos faseados de resolução de problemas têm vindo a ser criticados pela comunidade educativa. Por exemplo, o modelo de Polya foi criticado por constituir uma boa descrição do processo a posteriori, mas ser insuficiente para prescrever a resolução de problemas com sucesso. Referindo-se à primeira etapa deste modelo, que pressupõe a compreensão do



problema, Hunt (1994) aponta: “O que Polya não fez, foi explicar como encontrou um modo apropriado de olhar para o problema antes de conhecer a solução.” (p. 218).

Uma outra crítica apontada aos modelos é o facto de serem faseados e rígidos, tornando-se incompatíveis com a diversidade e variedade de processos de resolução de problemas. Tal como afirma McIntosh (1995):

Devido à enorme complexidade e variedade da resolução de problemas, qualquer tentativa de a separar em partes mais pequenas é difícil. Nenhum modelo será compatível com o estilo de aprendizagem e de pensamento de todas as pessoas, nem qualquer modelo encaixará em todas as situações de resolução de problemas. (p. 16)

Os modelos faseados de resolução de problemas foram criticados, também, por não prescreverem como se resolvem problemas mais complexos e mal definidos, semelhantes aos da vida real. Neste tipo de problemas, não existem respostas “certas” antecipadas para servir de padrões em relação aos quais se verifica a exactidão dos resultados (Roth, 1995) e nem é evidente se existe uma resposta viável: os indivíduos que resolvem o problema questionam, reflexivamente, se o resolveram bem e se existiriam outras opções para chegar a uma solução (Rogoff e Lave, 1999).

Na década de oitenta do século XX foram desenvolvidos modelos de resolução de problemas menos rígidos do que os faseados, centrados no uso de capacidades do pensamento crítico. É o caso do modelo cíclico *search, solve, create and share* (SSCS) de Pizzini et al. (1988), representado na figura 1.

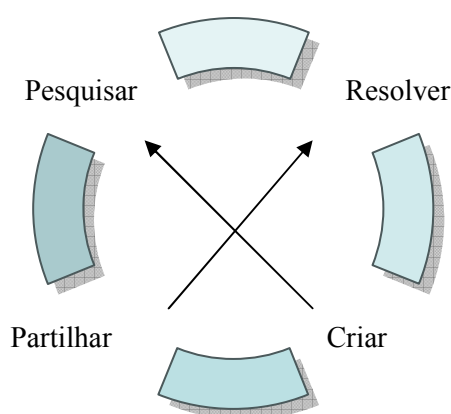


Figura 1. Ciclo de resolução de problemas do modelo SSCS.

Como esta figura mostra, no processo de resolução de problemas são percorridos quatro passos sem qualquer ordem pré-estabelecida: *pesquisar*, *resolver*, *criar* e *partilhar*. De acordo com

Pizzini et al. (1988), os alunos percorrem estes passos pesquisando sobre um tema em manuais, numa exposição ou numa visita de estudo. Nesta fase observam, questionam, fazem listas de ideias e analisam informação. Depois de discutir as suas ideias originais na aula, formulam questões a investigar. Na fase da resolução, usam metodologias de investigação baseadas na recolha e análise de dados. Nas fases de criação e de partilha, comunicam as descobertas e identificam questões para futura investigação.

McIntosh (1995) também propôs um modelo de resolução de problemas que valoriza, como prioridade, as capacidades do pensamento crítico. De acordo com este modelo, durante o processo de resolução de problemas são percorridos quatro passos simultâneos interactivos: a) colocação do problema, b) abordagem do problema, c) soluções do problema, e d) comunicação.

Diversos autores têm valorizado, para além das capacidades do pensamento crítico, outros tipos de capacidades do indivíduo como facilitadoras do sucesso na resolução de problemas: a metacognição e a motivação. A metacognição é a capacidade do indivíduo planear e auto-monitorizar o progresso na direcção da resolução do problema (Georghiades, 2006; Mayer, 1998). A motivação é uma capacidade afectiva relacionada com as crenças do indivíduo sobre a sua própria competência para resolver o problema, sobre o dispêndio de esforço e a persistência face às dificuldades (Sugrue, 1993). Com base nestas capacidades têm sido desenvolvidos modelos da resolução de problemas como o de O'Neil e Schacter (1997), que inclui quatro elementos: a) compreensão do conteúdo, b) estratégias de resolução de problemas, c) metacognição, e d) motivação. Segundo O'Neil e Schacter, para resolver um problema é necessário não só, ter conhecimento do conteúdo e usar estratégias de resolução de problemas como também, ser capaz de planear e auto-monitorizar o progresso e estar motivado para a resolução.

#### **2.4.2 A resolução de problemas e o pensamento crítico.**

A resolução de problemas e o pensamento crítico são áreas que se inter cruzam, formando um corpo conceptual cuja importância é primordial na aprendizagem e no ensino das ciências. Existem, mesmo, resultados da investigação que apontam para a existência de uma correlação entre o desempenho na resolução de problemas e o nível de pensamento crítico (Rodrigues, 2001).

A noção de *pensamento crítico* tem sido conceptualizada por diversos filósofos, psicólogos e educadores. De acordo com Sternberg (1985), as duas questões essenciais de que trata o pensamento crítico são: *O que é que fazemos quando pensamos criticamente?* e *Como o fazemos?*

Do ponto de vista filosófico, Dewey descreveu há 100 anos atrás o processo de pensar criticamente através de cinco etapas: a) detectar uma dificuldade, b) identificar e definir essa dificuldade, c) surgir como hipótese uma possível solução, d) continuar a observar e a experimentar

procurando aceitar ou rejeitar a hipótese, e e) desenvolver, através de raciocínio, as bases que suportam a hipótese. Dewey (1910) ilustra o processo de pensar criticamente com o seguinte exemplo:

O Homem pensava que o mundo era plano até Colombo pensar que ele era redondo. O primeiro pensamento era uma crença sustentada porque o Homem não tinha a energia ou a coragem para questionar o que era aceite e ensinado, especialmente por ser sugerido e aparentemente confirmado por factos sensíveis e óbvios. O pensamento de Colombo era uma conclusão baseada em raciocínio. Esta forma de pensar é marcada pelo estudo de factos, pelo escrutínio e revisão de evidência, pela ponderação e ensaio das implicações de várias hipóteses e pela comparação dos resultados teóricos com outros e com factos conhecidos. (p. 5-6)

Dewey (1910) argumenta que as etapas que descrevem como pensar criticamente coincidem com os passos percorridos no processo de resolução de problemas, descritos no seu modelo, já apresentado anteriormente. Ainda hoje, as etapas que segundo Dewey descrevem como pensar criticamente são foco da investigação na área da resolução de problemas.

Uma perspectiva filosófica diferente do pensamento crítico é a de Paul (1987), para quem o aspecto essencial para se pensar criticamente é o pensamento divergente; isto é, a capacidade de ver as coisas dos pontos de vista dos outros, que podem ser estranhos em relação aos pontos de vista de cada um.

Em termos da tradição psicológica, o pensamento crítico diz respeito à capacidade de lidar com o desconhecido. Ao enfrentar uma situação nova, não dispomos de um conjunto de indicações que podemos usar para nos ajudar. Temos de estabelecer as regras à medida que avançamos e assim, o pensamento entra em acção; permite evoluir só no saber, mas na maneira como esse saber é adquirido. Esta conceptualização converge com o modo como vários autores vêm a resolução de problemas da vida real (Newman, Griffin, e Cole, 1999).

Têm sido propostas diferentes taxonomias de pensamento crítico no âmbito das tradições filosófica, psicológica e educacional, todas dando a mesma importância a um núcleo de capacidades de resolução de problemas, de tomada de decisões, de inferência, de pensamento divergente, de pensamento avaliativo, de raciocínio e transferência. Estas capacidades são muitas vezes designadas por *capacidades do pensamento crítico*, bem como por *higher-order cognitive skills*, ou *capacidades cognitivas de ordem superior* (Leou, Abder, Riordan, e Zoller, 2006).

Na tradição filosófica, a taxonomia de Ennis (1987) consiste num conjunto de disposições e de capacidades classificadas em cinco áreas básicas do pensamento crítico, que serão explicadas mais adiante.

Na tradição psicológica, a taxonomia do pensamento crítico de Sternberg (1985) agrupa três tipos de capacidades: as de ordem superior (planeamento, monitorização e avaliação), de comportamento (executar instruções delineadas previamente) e de aquisição de conhecimento (aprender conceitos ou procedimentos).

Na tradição educacional, o pensamento crítico é relacionado com as capacidades usadas pelos alunos para resolverem problemas, tomarem decisões e aprenderem conceitos em sala de aula. Por exemplo para De Bono (1967, 1969 citado em Sternberg, 1985), o aspecto essencial do pensamento crítico é a capacidade de avaliar o interesse e as vantagens e desvantagens de cada solução apresentada para os problemas. Pensar deste modo encoraja os indivíduos a desenvolver a sua capacidade de abordar problemas conhecidos e desconhecidos de maneiras novas e potencialmente interessantes. No âmbito desta tradição, Bloom (1965 citado em Sternberg, 1985) propôs uma taxonomia de classifica as capacidades segundo uma hierarquia desde o nível inferior (conhecimento, compreensão, aplicação e análise) até ao nível superior (síntese e avaliação).

A necessidade de usar capacidades do pensamento crítico continua a ser reconhecida como forma de conseguir lidar com informação em constante mudança e para abordar problemas num mundo em que não podemos viver apenas com o que aprendemos na escola (OCDE, 2004; Swartz et al., 1998; Wai e Hirakawa, 2001). Na área de engenharia, por exemplo, Barra et al. (2000) afirmam:

As capacidades inerentes à resolução de problemas são uma parte fundamental do que os alunos de engenharia do primeiro ano devem aprender. Uma das principais características de um (bom) aluno de engenharia é a sua capacidade de identificar, formular e resolver problemas. (p. 7)

Deste modo, a identificação e a mobilização de capacidades de pensamento crítico dos indivíduos têm sido recomendadas como estratégia para melhorar o desempenho na resolução de problemas. Por exemplo, Novais e Cruz (1989) advogam:

Parece, pois, que o importante será ‘ensinar a pensar’, desenvolver as capacidades intelectuais dos alunos; e estes irão aplicá-las às situações novas de aprendizagem de novos conceitos (...) e resolução de problemas, quer em contextos académicos quer no contexto da sua vida do dia-a-dia, presente e futura. (p. 75)

Do mesmo modo, McIntosh (1995) sugere: “É importante (...) ajudar os professores a identificar capacidades que precisam de ser mobilizadas e experienciadas pelos alunos enquanto conduzem o processo.” (p. 16). Para tal, é recomendado que se aumente a fracção de tempo dedicado a promover as capacidades de pensamento crítico nas aulas de ciências, devendo ser dada ênfase ao uso em sala de aula de problemas da vida real. Isto é, devem ser criadas oportunidades para os alunos compararem e analisarem a credibilidade de observações, de dados e de fontes de

informação, de modo a poderem fazer inferências e avaliar as decisões tomadas (Pizzini et al., 1988; Swartz et al., 1998).

#### ***2.4.2.1 Conceptualização do pensamento crítico segundo Ennis.***

Tratando-se o pensamento crítico de uma das áreas fundamentais deste estudo, apresenta-se uma breve revisão sobre a sua conceptualização.

Ennis é um dos filósofos que, desde há cerca de cinquenta anos, tem desenvolvido uma conceptualização do pensamento crítico. Ao longo deste período, Ennis (1962, 1964, 1985, 1987, 1996) categorizou, definiu e discutiu os aspectos componentes do pensamento crítico, operacionalizou a definição do pensamento crítico, propôs um teste que mede o nível de pensamento crítico, apresentou uma taxonomia associada à definição de pensamento crítico e descreveu como pensar criticamente face a exemplos de situações reais, dando ênfase à necessidade de combinar disposições e capacidades.

A conceptualização de Ennis (1987) pressupõe que pensar criticamente resulta da interacção entre um conjunto de disposições e capacidades. As disposições de pensamento crítico dizem respeito a catorze aspectos predominantemente afectivos. Por exemplo, para usar a capacidade de tomar decisões é fundamental ter a disposição de tentar estar bem informado. As capacidades do pensamento crítico dizem respeito a doze aspectos cognitivos. Ennis agrupa as capacidades do pensamento crítico em cinco áreas básicas: a) clarificação elementar, b) clarificação elaborada, c) suporte básico, d) inferência, e e) estratégias e táticas.

De entre estas áreas, a das estratégias e táticas é, segundo Ennis (1987), a que mais directamente se relaciona com a resolução de problemas, abrangendo as capacidades *decidir uma acção* e *interactuar com outros*. No entanto, as outras áreas também incluem capacidades que é necessário usar para resolver problemas tais como: focar uma questão; analisar argumentos e fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio (área da clarificação elementar), deduzir e avaliar deduções; induzir a avaliar induções e fazer juízos de valor (área da inferência), definir os termos e avaliar as definições em três dimensões; identificar assumpções (área da clarificação elaborada) e avaliar a credibilidade de uma fonte de acordo com critérios pré-estabelecidos e observar e avaliar relatórios de observação (área do suporte básico).

Capacidades e disposições do pensamento crítico encontram-se explícitas na taxonomia *Goals for a Critical Thinking/Reasoning Curriculum* (Ennis, 1987), a qual depois de traduzida para a língua portuguesa tomou a designação *Metas para um Currículo de Pensamento Crítico/de Raciocínio* (Oliveira, 1992) (ver anexo A).

Esta taxonomia do pensamento crítico tem sido usada em investigação educacional, entre outros fins, para identificar as capacidades de pensamento crítico usadas pelos alunos ao realizarem em sala de aula actividades que promovem o desempenho na resolução de problemas.

### 2.4.3 Natureza das actividades.

De acordo com Solano-Flores, Jovanovic, Champaign, Shavelson, e Bachman (1999), a *Natureza de uma Actividade* traduz um conjunto de características conceptuais, de finalidades e de procedimentos consistentes com os de actividades em que se possam envolver membros da comunidade científica.

Tendo-se definido no capítulo 1 o termo *Natureza de uma Actividade*, bem como os termos *Problema da Vida Real* e *Exercício Académico* como actividades cuja natureza difere em vários aspectos e tendo este estudo como uma das áreas fundamentais a *resolução de problemas*, cumpre agora explicar o que se entende por *Problema* e distinguir este conceito do de *Exercício*. Referem-se, também, as características conceptuais que diferenciam os termos *Problema* e *Problema da Vida Real*, bem como *Exercício* e *Exercício Académico*.

Depois, contrapõem-se nesta secção implicações do uso em sala de aula de problemas da vida real e de exercícios académicos encontradas na literatura.

#### 2.4.3.1 Problema.

A partir da literatura consultada verificou-se que geralmente é designada por *problema* toda a situação em que a resposta não é, no momento, conhecida. Encontraram-se definições como a de Perales Palácios (1993), para quem um problema é “(...) qualquer situação prevista ou espontânea que produz, por um lado, um certo grau de incerteza e, por outro, uma conduta tendente à busca da sua solução.” (p. 170) e a de Ponte (1992), que afirma que um problema “(...) consiste numa tarefa para a qual o aluno não dispõe de um método imediato de resolução, mas em cuja solução se empenha activamente.” (p. 95).

Assim, poder-se-ia depreender que qualquer problema pode ser resolvido independentemente do contexto em que surge desde que o método de resolução, inicialmente desconhecido, venha a ser treinado e memorizado de modo a alcançar “a solução”.

Contudo, tal como argumentam Jonassen e Hung (2008), os problemas variam conforme a estruturação, a complexidade e o contexto em que se integram, podendo este facilitar ou bloquear o desempenho do indivíduo na resolução do problema. Neste estudo, parte-se do pressuposto de que para resolver um determinado problema, o indivíduo estabelece metas que dependem do contexto

obrigando-o, muitas vezes, a reequacionar metodologias de resolução e a ponderar qual será “a melhor” solução.

Deste modo, decidiu-se neste estudo considerar como *problema* toda a situação que “(...) impõe dificuldades para as quais não se conhece à partida solução nem se sabe sequer se ela existirá.” (Neto e Valente, 1997, p. 28).

#### **2.4.3.2 *Problema versus exercício.***

Diversas revisões de investigação referem que o conceito *problema* usado no ensino secundário enferma da falta de uma abordagem verdadeiramente científica. Geralmente, os problemas são confundidos com os exercícios de papel e lápis apresentados nos manuais de Física e de Química (Gabel e Bunce, 1994; Garrett, Satterly, Gil-Perez, e Martinez-Torregosa, 1990; Hobden, 1998) e com verificações de laboratório (Lunetta, 1998). Estes problemas sobresimplificados são, na realidade, exercícios.

As principais características que distinguem *problema* de *exercício* são as seguintes: enquanto que num problema o grau de indefinição das metas é grande, os métodos de resolução são desconhecidos e não se sabe à partida se existirá uma solução correcta, um exercício académico requer apenas a aplicação de um método de resolução já bem conhecido (Gagné, 1985; Zoller, 1987; Ponte, 1992; Kahney, 1993; Neto e Valente, 1997; Wood, 2006).

Segundo Smith (1991), a distinção entre *problema* e *exercício* é feita de acordo com duas visões: enquanto que para alguns autores, exercício é um caso particular de problema, para outros, são conceitos completamente diferentes.

Por exemplo para Gouveia (1996), *problema* e *exercício* são conceitos diferentes. Um problema apresenta uma meta sem questões orientadas, um obstáculo grande, dados não explícitos nem suficientes, vários caminhos de solução, requer para ser resolvido a ponderação de metodologias de resolução, o uso de capacidades cognitivas de ordem superior e meta-cognitivas, e tem várias soluções aceites. Pelo contrário, um exercício apresenta uma meta definida através de questões orientadas, um obstáculo reduzido, dados explícitos e em número suficiente, um método de resolução único, requer para ser resolvido a aplicação de algoritmos e a recordação e tem uma solução única. Segundo Gouveia, perante um problema o indivíduo tem um papel activo na aprendizagem enquanto que perante um exercício, tem um papel passivo.

Outros autores rejeitam a dicotomia problema/exercício, argumentando que *problema* deve ser definido como um contínuo abrangente, que vai do simples ao complexo (Halpern, 1996; Kahney, 1993; Smith, 1991; Sternberg, 1985). Nesta perspectiva, os problemas distinguem-se por serem considerados como *estruturados* ou *não estruturados*.

Os problemas estruturados são aqueles cujas etapas de resolução são explicitadas, em que é dada toda a informação necessária, desde as condições iniciais, o objectivo, os métodos e as limitações para chegar à solução. Os problemas não estruturados são aqueles cujo objectivo é vago e incompleto, tornando difícil a pesquisa e a avaliação de soluções. Jonassen e Kim (2010) definem *ill-structured problem*, *problema não estruturado*, como o tipo de problema que se caracteriza por ter: a) soluções alternativas, b) metas e constrangimentos vagamente definidos ou pouco claros, c) múltiplos caminhos para chegar à solução e d) múltiplos critérios para avaliar soluções.

Assim, os problemas não estruturados são mais difíceis de resolver do que os estruturados pois durante o seu processo de resolução, as etapas têm que ser encontradas pelo indivíduo.

A distinção que Wood (2006) faz também rejeita a dicotomia que distingue *problema* de *exercício* e é, a nosso ver, mais completa do que as anteriores. Segundo Wood, *problema* e *exercício* são situações diferentes, mas a transição entre ambas faz-se de acordo com uma seriação gradual em função da quantidade de dados fornecidos, da familiaridade dos métodos de resolução, do grau de especificação de metas e do tipo de capacidades cognitivas envolvidas.

A tabela seguinte apresenta a seriação de Wood (2006), que se inicia por problemas estruturados ou *exercícios* até problemas não estruturados, ou *problemas*.

Como se pode ver nesta tabela, Wood (2006) considera que entre exercícios e problemas existem oito tipos de situações. As situações *um* e *dois* correspondem a exercícios como os tradicionalmente usados nas aulas porque as metas são especificadas através de questões do género “determine o volume de”, os dados necessários para a resolução são todos fornecidos, os métodos de resolução podem ser ou não familiares e requerem para ser resolvidos a recordação de algoritmos ou a procura de paralelismos com métodos conhecidos.

As situações compreendidas entre *três* e *oito* correspondem a problemas porque as metas são abertas, implicando colocar questões como: “Dada a fórmula  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]$ , deduza a partir dela tudo o que lhe for possível”, os métodos de resolução nem sempre são familiares, requerem para ser resolvidos a ponderação de entre uma variedade de métodos e os dados podem estar incompletos, obrigando a gerá-los através de trabalho experimental e/ou de pesquisa de literatura. Esta classificação, baseada numa conjunção de características que mudam gradualmente, permite identificar com alguma facilidade situações próximas de exercício, como as que são apresentadas habitualmente nas aulas de ciências, e distingui-las de situações que se aproximam de problemas.

Diversos autores têm sugerido que é desejável promover nos alunos hábitos de resolução de problemas em vez de exercícios, recomendando estratégias de reformulação dos exercícios usados habitualmente nas aulas para problemas.



Tabela 2

*Características das Situações desde Exercícios até Problemas*

Tipo	Dados	Métodos	Metas	Capacidades envolvidas
1	Fornecidos	Familiares	Dadas	Lembrar algoritmos
2	Fornecidos	Não familiares	Dadas	Procurar paralelismos em métodos conhecidos
3	Incompletos	Familiares	Dadas	Analisar problemas para decidir que outros dados são necessários
4	Incompletos	Não familiares	Dadas	Ponderar métodos possíveis e decidir sobre os dados requeridos
5	Fornecidos	Familiares	Abertas	Decidir sobre metas apropriadas, explorar redes de conhecimento
6	Fornecidos	Não familiares	Abertas	Decidir sobre metas e seleccionar métodos adequados, explorar redes de conhecimento e de técnicas
7	Incompletos	Familiares	Abertas	Reconhecer que as metas especificadas pelo próprio estão incompletas
8	Incompletos	Não familiares	Abertas	Sugerir metas e métodos para as atingir

*Nota.* Adaptada de “The Development of Creative Problem Solving in Chemistry” por C. Wood, 2006, *Chemistry Education Research and Practice*, 7, p. 99.

Por exemplo, Halpern (1992) recomenda que com a finalidade de serem capazes de resolver problemas, os alunos devem desenvolver hábitos de estabelecer metas antes de percorrerem as etapas para encontrar uma solução. Segundo Halpern, a resolução de problemas é:

(...) uma actividade complexa envolvendo uma interacção de vários factores cognitivos como, por exemplo, aquisição de conhecimento base, organização e recuperação deste conhecimento, facilidade de identificar que princípios e procedimentos podem ser usados para resolver um problema, facilidade de executar um plano e facilidade de avaliar tanto o plano, como a exactidão e razoabilidade da resposta. (p. 88)

Do mesmo modo, Hobden (1998) recomenda a seguinte estratégia destinada a promover a resolução de problemas: “Devem ser dadas aos alunos metas não específicas, tais como saber tudo o que conseguirem sobre uma situação, e não uma meta específica, como determinar a velocidade de uma pessoa quando bate num carro.” (p. 227).

Sweller (1989) também sugere uma forma de transformar um exercício num problema. Por exemplo, um enunciado como: “Um carro é acelerado desde o repouso durante 10 segundos deslocando-se 100 metros em linha recta. Qual é a velocidade final do carro?” (p. 459) deve ser

reformulado de modo a não especificar a meta: “Calcule o valor de tantas variáveis quantas puder” (p. 462). De acordo com Sweller, esta reformulação permite evitar que os alunos usem a estratégia *meios-fins*.

A estratégia de resolução de problemas *meios-fins* consiste em trabalhar para trás, isto é, começar por procurar uma equação que contenha a meta pretendida e, se na equação existirem outras variáveis desconhecidas, estas tornam-se sub-metas e são procuradas novas equações contendo estas, sendo este processo levado a cabo continuamente até que cada sub-meta seja a única variável desconhecida na equação. Obtidos os valores das sub-metas, trabalhando em frente é calculado, eventualmente, o valor da meta pretendida. Esta estratégia requer que o aluno preste atenção a aspectos irrelevantes do problema, exige uma elevada carga de conhecimento e tem como consequência a ocorrência de mais erros durante a resolução. Sweller (1989) concluiu que formular problemas sem especificar a meta beneficia a aprendizagem pois estes não exigem tanta carga cognitiva, facilitam a indução de regras e a transferência. Uma vez que a meta final não é especificada, os alunos não podem trabalhar para trás na construção de uma cadeia de sub-metas. Resta-lhes, portanto, a alternativa de trabalhar em frente, a partir dos dados.

Assim, de acordo com vários autores, o uso de problemas em vez de exercícios beneficia a aprendizagem, pois dirige a atenção dos alunos para aspectos relevantes do problema.

#### **2.4.3.3 Problema versus Problema da vida real.**

O conjunto de características encontradas na literatura que são atribuídas aos problemas da vida real, já enumeradas na definição do termo *Problema da Vida Real* apresentado no capítulo 1 é, em parte, coincidente com aquelas que são associadas ao termo *problema*.

Com efeito, diversos autores argumentam que os problemas com que nos deparamos na vida real assumem uma relevância pessoal, pois as metas são construídas e definidas pelos próprios indivíduos (Lave et al., 1999; Mehan, 1999; Scribner, 1999) visto não serem dadas nem acompanhadas das limitações para as atingir. De acordo com Newman et al. (1999), quando se defrontam com problemas da vida real, os indivíduos:

(...) muitas vezes têm que se aperceber do problema, das suas limitações e dos recursos disponíveis, bem como de resolver o problema depois de o definirem. Em casos do dia-a-dia, os indivíduos são confrontados com a actividade ‘total’ e não apenas com a parte da solução. (p. 176)

Diversos autores caracterizam os problemas da vida real como tratando-se de situações não estruturadas; ou seja, em que a informação disponível é incompleta, os métodos de resolução podem não ser conhecidos, as respostas não são convergentes e, muitas vezes, nem sequer é evidente se

existe uma resposta viável (Rogoff e Lave, 1999; Sternberg, 1985; Wood, 2006). Para além disso, os problemas da vida real requerem na resolução o uso de capacidades de pensamento crítico, uma abordagem holística e uma tomada de decisões baseada em evidência científica, não sendo compatíveis com manipulações algorítmicas (Lee e Bae, 2008; Leou et al., 2006; Wood, 2006).

Ora, as características acabadas de apontar tanto podem caracterizar um *problema da vida real*, como um *problema*.

No entanto, a literatura também refere que os problemas da vida real são inerentemente multidisciplinares e contextualizados, isto é, são apresentados em *situações da vida real*; isto é, em situações que se relacionam com a vida pessoal ou que são de importância crucial para a comunidade ou para a sociedade (Hill, 1998; Lee e Bae, 2008; OCDE, 2004).

Por exemplo para McIntosh (1995), os problemas em Ciência para serem considerados como *problemas da vida real* têm que apresentar as seguintes características:

Os problemas de Ciência do mundo real são confusos e ambíguos, surgem com toda a espécie de informação estranha e confusa e não aparecem sempre no final de uma unidade didáctica que se relacione directamente com a sua solução. Os alunos precisam de experiência em extrair problemas de Ciência a partir de situações reais. (p. 16)

Daí, podemos distinguir *problema da vida real* de *problema* visto que o primeiro, é contextualizado numa situação da vida real enquanto o segundo é apresentado numa situação académica, específica do domínio. Poderá, pois, depreender-se que um *problema da vida real* terá sempre a natureza de problema, mas nem todo o *problema* terá necessariamente a natureza de problema da vida real.

Atendendo a estas considerações, de entre as actividades concebidas e desenvolvidas para usar neste estudo, as do pré-teste e do pós-teste consideram-se como *actividades com a natureza de problemas* enquanto que as do programa de intervenção se consideram como *actividades com a natureza de problemas da vida real*.

#### 2.4.3.3.1 Implicações do uso de problemas da vida real em sala de aula.

Sendo apontadas como principais causas do insucesso na resolução problemas em Ciência o facto dos alunos não compreenderem os conceitos (Gabel, 1986) nem os métodos envolvidos (Hobden, 1998), diversos autores recomendam propor-lhes que resolvam problemas da vida real, concedendo-lhes a liberdade de definir as suas próprias metas (Caillot, 2006; Swartz et al., 1998). Usar problemas da vida real em sala de aula é dar aos alunos a oportunidade de desenvolver raciocínio e compreensão contextualizada, bem como de fazer conexões interdisciplinares. Sendo diferentes daqueles em que a aprendizagem tomou lugar e envolvendo sempre um grau de

indefinição, os problemas da vida real elicitam capacidades cognitivas mais complexas do que a memorização factual (Klassem, 2006; Kubiszin e Borich, 2000; Leighton et al., 1999; Pine et al., 2006; Segers, 1997).

Por exemplo, Roth e Roychoudhury (1993) mostraram que actividades de laboratório de inquérito aberto semelhantes às da vida real facilitam o desenvolvimento de capacidades de pensamento do pensamento crítico. Neste estudo, os alunos necessitavam de decidir o que é que iam medir, tendo-se a identificação de variáveis relevantes tornado uma necessidade prática. Os alunos tornaram-se capazes de focar as questões de investigação, de identificar variáveis pertinentes e de investigar relações específicas entre elas à medida que realizavam a actividade e lhe atribuíam significado. Tornaram-se gradualmente mais eficientes no uso de capacidades de pensamento de pensamento crítico relacionadas com a transformação e interpretação de dados, a análise, conceptualização, geração de hipóteses e de novas questões e a definição de termos.

Como as questões de investigação originais eram fenómenos da vida real para os quais os alunos queriam encontrar explicações, o seu interesse era genuíno, o que é um pré-requisito para a construção de compreensão significativa. Os alunos seleccionaram temas de investigação relacionáveis com a vida real, o que tornou as actividades de aprendizagem motivantes, pois eram realísticas. Os alunos tiveram a liberdade de abandonar projectos quando as investigações não eram possíveis, não significando este abandono uma falha, mas sim uma alternativa possível. Ao exercerem esta autoridade, os alunos experimentaram uma situação semelhante às da vida real, em que os adultos optam por outras alternativas para procurar outra solução.

Assim, por serem contextualizados, os problemas da vida real ajudam os alunos a aperceberem-se da utilidade das aprendizagens, tornando-as mais motivantes. Esta vantagem também se prende com o facto dos problemas da vida real serem análogos aos da prática adulta, pois incluem a possibilidade de poder rever e optar por várias alternativas para procurar soluções, em vez de se tratar das tradicionais verificações de laboratório para dar respostas correctas ao professor ou aos livros de texto. Os problemas da vida real oferecem, assim, uma dupla vantagem aos alunos, já que não só lhes tornam a Ciência mais significativa, como lhes promovem a motivação, que tem sido considerada como um aspecto facilitador do desempenho na resolução de problemas (Kassem, 2000; Mayer, 1998; O'Neil e Schacter, 1997; Sugrue, 1993).

#### ***2.4.3.4 Exercício versus Exercício académico.***

A definição do termo *Exercício Académico* apresentado no capítulo 1 é, em parte, coincidente com aquela que é associada ao termo *exercício*. Distiguiremos os dois conceitos atendendo a que o primeiro é apresentado apenas em situações alheias à vida pessoal e à sociedade,

enquanto que o segundo, embora envolvendo características de exercícios tais como, por exemplo, metas fechadas, dados necessários e suficientes, uso de capacidades de pensamento de ordem inferior e uma resposta única correcta, pode eventualmente ser contextualizado em situações da vida real, aparentando aproximar-se de situações de resolução de problemas da vida real.

#### *2.4.3.4.1 Implicações do uso de exercícios académicos em sala de aula.*

A nível internacional os alunos de ciências resolvem, na maioria das vezes, exercícios do manual apresentados sob a forma de questões verbais (Lyons, 2006). A este propósito, de acordo com Leou et al. (2006):

(...) a investigação sugere que a maioria das práticas de sala de aula envolve capacidades de pensamento de ordem inferior (...) como a memorização, a recuperação e a aplicação de algoritmos a situações familiares em vez de encorajar o inquérito e a resolução de problemas. (p. 70)

Os professores de Física acreditam, segundo Hobden (1998), que sequências de exercícios permitem, por repetição, compreender um assunto novo, usando-as rotineiramente como treino e, raramente, como meio para lidar com situações do dia-a-dia. Os exercícios geralmente apresentados são respeitantes a tópicos sequenciais, capítulo por capítulo e aula por aula, despojados de contextos confusos; ou seja, tratam-se de exercícios académicos. Os métodos de resolução dos exercícios propostos são apresentados através de sequências lineares de passos (Reif, 1981).

Este quadro estende-se aos laboratórios da escola onde são propostos, muitas vezes, exercícios do tipo “receitas”; isto é, sob a forma de questões fechadas, geralmente acompanhadas de procedimentos para realizar uma experiência (Kyle, Penick, e Shymansky, 1979; Lunetta, 1998; Roth e Roychoudhury, 1993). Perante estes exercícios, os alunos limitam-se a procurar soluções algorítmicas que conduzem a respostas correctas, não formulam as suas próprias questões de investigação, raramente relacionam a experiência com o que aprenderam antes e não notam discrepâncias entre os seus conceitos, os dos seus pares e os da comunidade científica.

O uso de exercícios académicos quer sob a forma de papel e lápis, quer sob a forma de “receitas” de laboratório tem sido criticado por ser contraproducente na aprendizagem da resolução de problemas, visto promover capacidades que são úteis só em contextos restritos. Por exemplo, Neto e Valente (1997) fazem a seguinte crítica ao uso de exercícios académicos de Física que vai persistindo no nosso ensino secundário:

Os exercícios de Física tradicionais e rotineiros conduzem a comportamentos mecânicos, automáticos e acríticos. Tratam-se de problemas fechados, com enunciados curtos onde os números predominam sobre as palavras, onde a situação física é apresentada de uma forma

descontextualizada, onde é dada ênfase à fórmula e computação automática. Consequentemente, a identificação do problema está praticamente realizada à partida, não sendo o aluno estimulado a mobilizar essa estratégia, o mesmo acontecendo com a distinção entre o essencial e o acessório e a concepção prévia de um plano de resolução. (p. 30)

A este respeito, também Swartz et al. (1998) argumentam:

Exemplos de resolução de exercícios específicos, muitas vezes encontrados em Matemática e ciências, não fornecem contextos adequados para ensinar a resolver problemas mobilizando capacidades. A gama de capacidades que os alunos usam na resolução destes exercícios é muito restrita. Estas actividades tencionam dar aos alunos prática em aplicar princípios matemáticos e científicos, em vez de lidarem com problemas que requerem definição, selecção e implementação da melhor solução. (p. 55)

Lee e Bae (2008) referem que os exercícios académicos não dão oportunidade de aplicar o conhecimento científico aprendido nas aulas para explicar fenómenos naturais ou para tomar decisões acerca de problemas científicos da vida real. Embora muitos alunos sejam capazes de encontrar soluções para exercícios tradicionais de Física, a resolução fica limitada à memorização de métodos recordados por reconhecimento de exemplos. Deste modo, um pequeno desvio na formulação do problema é suficiente para confundir o aluno, tornando-se-lhe este “difícil”, pois fica incapaz de adaptar o método habitual para chegar à solução (Joshua e Dupin, 1991). Tal como afirma Lemke (1993):

Eles encontram (...) exercícios de laboratório em vez de práticas de investigação profissional, esforços para resolver exercícios que não têm contextos reais, nem parâmetros reais, nem complicações realísticas, estudo de exemplos idealizados, sobresimplificados, descontextualizados. (p. 1)

Para além disso, resolver exercícios académicos faz com que os alunos criem expectativas em relação à resolução de problemas em Ciência e à natureza da Ciência. Segundo Reusser (1988), os alunos acostumam-se a certas rotinas de processamento e tornam-se sensíveis, por exemplo, aos valores numéricos que estão a calcular, considerando-os como supostas pistas que indicam se a estratégia usada está correcta ou não. Wood (2006) refere que o uso de exercícios limita a percepção da Ciência pois “Professores e alunos estão tão habituados a obter ‘a resposta certa’ em exercícios académicos, que podem correr o perigo de pensar que em Ciência há uma resposta única para cada problema.” (p. 98).

Para além da ênfase na resolução de exercícios académicos que perdura nas escolas, a própria investigação tem tomado orientações que também promovem o seu uso no terreno. Tanto no domínio da Física como da Química, os problemas que a investigação mais analisa são na verdade exercícios académicos, envolvendo cálculos matemáticos. Tal como referem Gabel e Bunce (1994):

No entanto, os estudos nesta revisão focam-se exclusivamente em problemas de Química envolvendo capacidades de raciocínio matemático que os alunos têm dificuldade em resolver. Estes parecem ser os principais tipos de problemas que os investigadores em ensino da Química têm analisado. (p. 301)

Do mesmo modo, Maloney (1994) afirma: “A investigação (...) analisa como é que os indivíduos abordam problemas tradicionais de Física – isto é, os exercícios numéricos tipicamente encontrados no final de capítulo de livros de introdução à Física.” (p. 327).

Como exemplo, referimos o estudo de Hobden (1998) que averiguou o papel dos “problemas de rotina” no ensino das ciências, definindo no seu estudo: “A tarefa do problema é bem definida, estritamente focada e pode ser resolvida usando um algoritmo.” (p. 220). Hobden reconhece que a sua opção pelo estudo de exercícios académicos ou “problemas de rotina” se trata de uma “(...) visão muito limitada da resolução de problemas, reflectindo a prática corrente nas escolas secundárias da África do Sul e na maioria de outras regiões com uma fasquia elevada nos exames.” (p. 219).

Contudo, este é um exemplo que ilustra como a investigação sobre a resolução de problemas em Ciência acaba por dar ênfase ao uso de exercícios tradicionais de Física em sala de aula.

#### **2.4.4 Avaliação do desempenho na resolução de problemas.**

Tratando-se o desempenho na resolução de problemas de uma das variáveis dependentes deste estudo, tornou-se necessário efectuar a sua avaliação. Dá-se conta, nesta secção, da mudança da testagem tradicional para a avaliação que, por influência da corrente construtivista, dá ênfase à importância do contexto para avaliar a aprendizagem.

Com efeito, a testagem tradicional foi sendo cada vez mais questionada ao longo dos últimos 40 anos, pois não existe um teste ou conjunto de testes baseados em normas que sejam capazes de abarcar todos os conceitos e processos abrangidos em cada disciplina e nível de ensino (Marzano, 2003). De entre os vários tipos de testes tradicionais, sobretudo os de escolha múltipla têm sido alvo de diversas críticas desde a década de noventa do século passado; nomeadamente, porque não medem aspectos do conhecimento valorizados em Ciência tais como, a facilidade de definir um problema e de planear uma investigação (Ruiz-Primo e Shavelson, 1996); são limitados em captar compreensão conceptual e facilidade de resolver problemas (Tamir, 1998); são inadequados para avaliar capacidades cognitivas de ordem superior (Frederiksen, 1984); requerem apenas que se seleccione, e não que se produza uma resposta e não se assemelham à natureza do trabalho científico, podendo fornecer informação limitada acerca do que os alunos sabem e podem fazer.

Para além disso, os testes de escolha múltipla levam os professores a transmitir factos não relacionados entre si (Ruiz-Primo e Shavelson, 1996) porque, uma vez que envolvem questões que encorajam a aprendizagem de rotina, os professores, provavelmente, usarão exercícios académicos para reforçar a memorização (Sale, 2003) e os alunos farão o que for necessário em função da testagem, usando abordagens superficiais e não uma compreensão real dos assuntos.

Ainda, todos os tipos de testes e exames convencionais, referenciados a normas, são descontextualizados (Marzano, 2003); isto é, não têm em consideração as idiossincrasias das escolas, das turmas, dos alunos nem da aprendizagem que decorre em cada caso específico. Por este motivo, a testagem convencional constitui apenas uma medida indirecta da aprendizagem.

Há cerca de 30 anos, por influência da corrente construtivista surgiu uma nova vaga no modo de encarar a avaliação em ciências. Esta vaga tem sido impulsionada, nomeadamente, pela OCDE como consequência de recomendações de especialistas para inverter a tendência de desinteresse dos alunos no domínio da Ciência. Por exemplo, Roberts (2007) sugere que em vez de se “olhar para dentro” da Ciência, para os seus processos e produtos, se adopte uma perspectiva humanística da escola de ciências “olhando também para fora”, incluindo para situações sociais em que a Ciência desempenha um papel importante.

Esta perspectiva da avaliação em Ciência assenta em três pressupostos (Klassem, 2006): a) a testagem descontextualizada do conhecimento não torna claro que tipo de capacidades estão a ser testadas, b) a testagem de fragmentos de conhecimento fora de contexto não indica até que ponto foram integrados na memória a longo-prazo, pois o conhecimento adquirido para dar respostas certas a testes é esquecido rapidamente e c) a facilidade de um indivíduo usar determinadas capacidades num contexto não se generaliza a outros contextos.

No âmbito deste pressupostos, as metodologias de avaliação em Ciência mais conhecidas são: os *mapas conceptuais*, a *avaliação de portfólios* e a *avaliação do desempenho*. Estas metodologias permitem avaliar os alunos em contextos mais autênticos, sendo muitas vezes designadas na literatura por termos como: *avaliação alternativa* (Berenson e Carter, 1995; Birenbaum, 1996; Slater et al., 1997), *avaliação autêntica* e *avaliação do desempenho* (Klassem, 2006; Kubiszin e Borich, 2000; Segers, 1997; Trice, 2000; Wai e Hirakawa, 2001). Por exemplo, num estudo recente, Santos et al. (2010) usaram portfólios como forma de promover a avaliação reguladora, a qual é pensada e posta em prática com a finalidade principal de contribuir para a aprendizagem dos alunos; isto é segundo os autores, de “desenvolver de forma intencional e consciente contextos pensados para que aconteça a aprendizagem.” (p. 109)

Diversos autores, de que são exemplo Darling-Hammond, Ancess, e Falk (1995), consideram *avaliação do desempenho* como sinónimo de *avaliação autêntica*. Darling-Hammond et al. afirmam:



Estas estratégias são chamadas ‘autênticas’ porque requerem que os alunos demonstrem o que podem fazer do mesmo modo que os trabalhadores fazem em cenários fora da escola desempenhando tarefas que são complexas e que requerem a produção de soluções e de produtos. (p. 2)

Já Black (1998), distingue *avaliação do desempenho* de *avaliação autêntica* do seguinte modo: a primeira decorre no contexto de aprendizagem, enquanto que a segunda pode decorrer em qualquer situação.

Neste estudo, considera-se que *avaliação do desempenho* é o mesmo que *avaliação autêntica*, pois o programa de intervenção, embora implementado em sala de aula, baseou-se em pedir aos alunos que se colocassem em situações que plausivelmente poderiam acontecer na sua vida real, presente ou futura.

A avaliação do desempenho em ciências é muitas vezes designada por *Science Performance Assessment*. Vários autores argumentam que esta metodologia é, de entre as metodologias de avaliação alternativa, a mais directamente relacionada com o que os cientistas realmente fazem – observar, formular hipóteses, registar, inferir e generalizar. Ao serem avaliados através da avaliação do desempenho, os alunos são obrigados a usar raciocínio científico como suporte da resolução de problemas, já que têm que mostrar o seu trabalho e justificar as suas soluções, em vez de se limitarem a seleccionar ou a produzir respostas (Kubiszyn e Borich, 2000; Lunetta, 1998; Mayer, 1995; Ruiz-Primo e Shavelson, 1996; Solano-Flores e Shavelson, 1997; Trice, 2000). Tal como afirmam Darling-Hammond et al. (1995):

Mais do que fazer testes de escolha múltipla em que os estudantes reagem a ideias ou identificam factos, os alunos envolvem-se em experiências científicas, conduzem investigações científicas que os obrigam a socializar, escrevem ensaios e relatórios, lêem e interpretam literatura e resolvem problemas (...) em contextos do mundo real. (p. 2)

Por possuir estas características, segundo Baxter, Elder, e Glaser (1994) a avaliação do desempenho é uma metodologia viável para analisar a extensão com que são usadas capacidades de pensamento crítico na resolução de problemas.

Segers (1997) recomenda que a avaliação do desempenho seja focada em medir a extensão com que os alunos são capazes de aplicar o conhecimento, analisar e resolver novos problemas semelhantes aos da vida real, já que diversos estudos empíricos sugerem que este tipo de avaliação reflecte melhor critérios de desempenho importantes nas futuras carreiras profissionais dos alunos, do que os testes tradicionais.

Mas afinal, cumpre então perguntar: como se faz a avaliação do desempenho? Ruiz-Primo e Shavelson (1996) descrevem o modo como se processa uma avaliação do desempenho da seguinte

forma: “(...) é fornecido equipamento de laboratório aos estudantes, é-lhes colocado um problema e permitido que usem os recursos disponíveis para gerar uma solução.” (p. 1045).

A avaliação do desempenho tem sido implementada por diversos investigadores através da implementação de actividades de investigação autêntica; isto é, actividades com a natureza de problemas da vida real, que permitem observar e avaliar os alunos enquanto analisam, resolvem problemas, testam, tomam decisões, medem, apresentam oralmente ou produzem um produto (Darling-Hammond et al., 1995; DeTure, Fraser, e Doran, 1995; Kanis, 1992; Klassem, 2006; Erickson e Meyer, 1998; Shavelson, Baxter, e Gao 1993; Trice, 2000).

Uma vantagem das actividades de investigação autêntica é o facto de serem versáteis, podendo servir para avaliação sumativa no final de uma unidade didáctica, ou para avaliação formativa, para reajustar o ensino. Segundo vários autores, esta versatilidade das actividades de investigação autêntica torna as aprendizagens mais efectivas (Aikenhead, 2002; Bell e Cowie, 2001; Black, 1998). Também diversos autores recomendam que, ao administrar actividades de investigação autêntica, é preferível dar ênfase a objectivos formativos, pois estes tornam a avaliação mais benéfica para a aprendizagem do que a avaliação sumativa, que visa obter classificações finais (Alberts, van Beuzekom, e De Roo, 1986; Bell e Cowie, 2001).

A filosofia subjacente à metodologia da avaliação do desempenho torna-se, pois, compatível com o quadro teórico que se adoptou, bem como com as finalidades deste estudo, em que se desejava, para além de avaliar, promover em sala de aula o desempenho dos alunos na resolução de problemas.

#### ***2.4.4.1 Validade e fiabilidade da avaliação do desempenho.***

Apesar das vantagens oferecidas enquanto metodologia de avaliação, os resultados da investigação acerca da validade e da fiabilidade da avaliação do desempenho não são animadores. Segundo Klassem (2006), as actividades que avaliam o desempenho enfermam de falta de validade do constructo, tornando-se por isso pouco generalizáveis. Por outro lado, a fiabilidade da avaliação do desempenho é instável, pois esta apresenta variabilidade em função da variação de diversos factores que têm sido estudados: actividade, ocasião e avaliador.

Relativamente à validade, esta relaciona-se com a extensão com que a avaliação do desempenho nos fornece a informação pretendida acerca do uso de processos, da viabilidade dos produtos e do uso de capacidades do pensamento crítico por parte dos alunos. É influenciada pela natureza das actividades, pelo método de avaliação e pelo sistema de cotação.

Vários autores argumentam que a validade da avaliação do desempenho pode ser comprometida pelo facto de as actividades usadas serem contextualizadas. Neste caso, as respostas

dadas às actividades podem ser baseadas em conhecimento previamente adquirido fora das aulas e assim, a avaliação do desempenho pode não estar a medir o uso de capacidades do pensamento crítico nem de conhecimento científico. Erickson e Meyer (1998) obtiveram resultados que sugerem que a avaliação contextualizada corre o risco de medir:

(...) uma combinação de conhecimento científico do dia-a-dia com conhecimento científico aprendido na escola e, assim, não fornece uma medida clara ou justa do progresso dos alunos nem do efeito de programas de instrução implementados na aula ou em larga escala. (p. 859)

Segundo Lissitz (1997), as actividades centradas em pensamento contextualizado comprometem a validade da avaliação do desempenho pois pela sua natureza, actuam contra os objectivos de avaliar raciocínio abstracto, atenuando a capacidade de abstracção. Os resultados da avaliação do desempenho usando este tipo de actividades são difíceis de interpretar devido ao efeito sobreposto de múltiplos factores que se confundem tais como, por exemplo, o conhecimento dos conteúdos, a facilidade em trabalhar com os outros, a capacidade de escrita e a experiência no tema abordado.

Também Baxter, Glaser, e Raghavan (1993) argumentam que a validade da avaliação do desempenho pode ser posta em causa pela natureza das próprias actividades, que por vezes fornecem instruções sobre o procedimento. Assim, nem sempre é claro que a avaliação do desempenho avalie, efectivamente, capacidades de pensamento do pensamento crítico relacionadas com planear, raciocinar, explicar, inferir, monitorizar ou resolver problemas.

Também Stecher et al. (2000) obtiveram resultados que evidenciam que as actividades usadas para avaliar o desempenho servem, na verdade, para avaliar apenas a facilidade de leitura e de compreensão de questões.

Por outro lado, tal como mostra o estudo de Baxter e Shavelson (1994) a validade da avaliação do desempenho também pode ser comprometida pelo método de avaliação que se usa.

De entre os métodos associados à avaliação do desempenho conhecidos (observação directa, cadernos de registo, simulações de investigações autênticas por computador e testes de papel e lápis), existe um consenso na comunidade educativa em considerar a observação directa de investigações autênticas como o método de referência. Ruiz-Primo, Baxter, e Shavelson (1993) descrevem a observação directa como tratando-se de um método administrado durante o desempenho da actividade, numa base de um-para-um à medida que o avaliador observa o aluno. O aluno é avaliado quanto a vários aspectos: o método que usa para resolver o problema, o cuidado com que efectua medições e o modo de registar os resultados.

Vários autores argumentam que a observação directa fornece *feedback* sobre o modo como os alunos estão a desempenhar a actividade no momento e é representativa da forma como as

capacidades cognitivas são usadas em contextos da vida real (Black, 1998; Kubiszin e Borich, 2000; Ruiz-Primo e Shavelson, 1996; Shavelson, Baxter, e Pine, 1991; Shavelson et al., 1993).

Uma vez que a observação directa pressupõe custos e recursos humanos geralmente pouco viáveis, foram desenvolvidos três métodos substitutos para avaliar o desempenho: os cadernos de registo, as simulações de investigações autênticas por computador e os testes de papel e lápis.

O método dos testes de papel e lápis consiste em apresentar questões com respostas de ensaio curto ou de escolha múltipla, incluindo figuras e diagramas de equipamentos para planear, desenhar e/ou interpretar experiências baseadas em investigações autênticas (Shavelson et al., 1991; Shavelson et al., 1993). Este método foi o utilizado pelos programas PISA 2000, 2003 e 2006 para avaliar o desempenho em literacia científica e na resolução de problemas.

Em 1994, Baxter e Shavelson compararam os três métodos substitutos e concluíram que o menos permutável com a observação directa é o dos testes de papel e lápis, pois a correlação entre os resultados obtidos através dos dois métodos é fraca ( $r < 0.30$ ); as simulações por computador são o segundo método menos permutável, pois os resultados correlacionam-se moderadamente com os da observação directa ( $r \approx 0.45$ ) e os cadernos de registo são o método mais permutável, pois a correlação entre os resultados obtidos pelos dois métodos é forte ( $r > 0.80$ ). Com efeito, Baxter e Shavelson (1994) recomendam:

(...) se os dirigentes políticos estão interessados em medir o que os estudantes são capazes de fazer, têm que os observar. Ou, no mínimo, os estudantes têm que conduzir uma investigação e registar os procedimentos e resultados num caderno de registo. (p. 297)

O caderno de registos tem por função captar as respostas, os registos, os resumos das descobertas do aluno e as justificações das suas respostas (Ruiz-Primo e Shavelson, 1996; Solano-Flores e Shavelson, 1997). Assim, para se usar o método do caderno de registos na avaliação do desempenho, deve-se pedir ao aluno que tome nota dos procedimentos, resultados e conclusões no seu caderno enquanto conduz uma determinada investigação autêntica.

Com efeito, o caderno de registos é considerado por diversos autores como o substituto menos dispendioso da observação directa (Ruiz-Primo et al., 1993; Solano-Flores et al., 1999), proporcionando avaliações com razoável fiabilidade entre avaliadores, próxima da obtida através da observação directa (Baxter, Shavelson, Goldman, e Pine 1992; Shavelson et al., 1991). Dadas estas vantagens, o caderno de registos foi adoptado neste estudo como um dos métodos de avaliação do desempenho.

O sistema de cotação das actividades que avaliam o desempenho é também um factor que influencia a validade da avaliação do desempenho (Black, 1998; Ruiz-Primo e Shavelson, 1996). Segundo vários autores, o sistema de cotação de uma actividade que avalia o desempenho deve permitir registar e cotar numericamente não só a correcção das respostas, como também a

legitimidade científica dos procedimentos usados para conduzir a investigação (Solano-Flores e Shavelson, 1997). Segundo Baxter et al. (1993), se o sistema de cotação considerar, apenas, o número de variáveis usadas pelos alunos ignorando a validade científica do modo como essas variáveis são usadas, torna-se inconsistente com a natureza das actividades que avaliam o desempenho.

Relativamente aos critérios que devem presidir à concepção de um sistema de cotação das actividades que avaliam o desempenho, encontraram-se na literatura posições divergentes.

Em consequência da evolução do conceito de *avaliação* que decorreu pela influência construtivista, a avaliação no desempenho na resolução de problemas passou a ser conotada com *avaliação dos processos* em detrimento da *avaliação exclusiva dos produtos* (Birenbaum, 1996).

Com efeito, diversos autores advogam que a avaliação do desempenho na resolução de problemas se deve centrar nos processos inerentes à resolução de problemas. Por exemplo, Mayer (1995) argumenta que os processos são mais importantes do que os produtos na avaliação do desempenho do seguinte modo:

Se a finalidade da instrução da resolução de problemas é melhorar os processos cognitivos que os alunos usam quando são confrontados com um problema novo, então a finalidade da avaliação na resolução de problemas é descrever os processos cognitivos que eles usam enquanto resolvem problemas. (p. 466)

Segundo este Mayer (1995), os processos usados na resolução de problemas envolvem o uso de capacidades do pensamento crítico que ultrapassam atingir a resposta certa e que se relacionam com: pesquisar e seleccionar informação, equacionar métodos, ponderar critérios, avaliar erros bem como discutir e apresentar. Uma vez que estas capacidades de pensamento são essenciais em todos os aspectos ao longo da vida e, em particular, muito requeridas por entidades empregadoras e pela comunidade em geral, os alunos têm que ser encorajados a desenvolvê-las. Mayer sugere que os itens de uma actividade focada nos processos inerentes à resolução de problemas podem avaliar como é que o indivíduo representa o problema, planeia uma solução e monitoriza o progresso durante a resolução do problema. Deste modo, segundo Mayer os critérios para avaliar os processos são muito mais difíceis de definir do que os usados para classificar os produtos ou resposta final, tornando a testagem focada nos produtos limitada porque requer respostas simples, que não exigem transferência, susceptíveis de ser avaliados através de itens de resposta curta ou de escolha múltipla.

Diversos autores têm recorrido à avaliação focada nos processos como critério para avaliar o desempenho na resolução de problemas. Por exemplo, Choi, Christopher, Hsu, Kim, e McGriff (2000) basearam a concepção do instrumento de avaliação do desempenho do seu estudo nas suposições de que os alunos produzem mais respostas correctas ao longo do tempo quando seguem regular e competentemente os processos inerentes à resolução de problemas e de que as estratégias

de resolução de problemas devem ser avaliadas com base em problemas da vida real e não em conteúdos específicos do domínio. Deste modo, a cotação da avaliação do desempenho reflecte o uso de processos e de capacidades do pensamento crítico inerentes à resolução de problemas.

Wood (2006) administrou, no seu estudo, um conjunto de problemas abertos, dando ênfase à seguinte finalidade: “(...) mostrar aos alunos que a Ciência é mais do que ‘obter a resposta certa’, pode envolver usarmos o nosso juízo de valores, sermos criativos e usar pensamento lateral ou divergente.” (p. 97).

Também a OCDE (2004) avaliou o desempenho na resolução de problemas dando ênfase aos seguintes processos: compreender o problema, incluindo o texto, diagramas, fórmulas e tabelas, caracterizar o problema (identificar as variáveis relevantes do problema); representar o problema simbólica ou verbalmente, resolver o problema, reflectir na solução e comunicá-la a uma audiência externa.

Por outro lado, na literatura consultada também se encontrou a posição que defende que os produtos são o mais importante na avaliação do desempenho na resolução de problemas. É o caso de Perales Palacios (1993), que afirma: “Na vida real, resolve-se um problema para obter um resultado; pelo contrário, em contexto escolar o resultado pouco importa (e muitas vezes é conhecido) e a própria resolução aponta qual é.” (p. 170).

Uma terceira posição encontrada na literatura consultada advoga que os processos e os produtos devem ser igualmente ponderados na avaliação do desempenho na resolução de problemas. No ensino da Física, por exemplo, Solano-Flores (2000) argumenta que a avaliação do desempenho deve ser baseada tanto nos processos, como nos resultados das investigações que os alunos conduzem. De acordo com Lunetta (1998), para uma avaliação ser válida deve incluir, “(...) o comportamento dos alunos no planeamento, desempenho, análise, interpretação e aplicação em actividades de laboratório.” (p. 257). Segundo Lunetta, em aulas cujas metas sejam dirigidas para a aprendizagem contemporânea de Ciência, os alunos geram produtos que reflectem as suas capacidades associadas a processos científicos e estes, podem ser incluídos na avaliação. Na área da engenharia, Chen-Jung, Shao-Tsu, e Tsung-Cheng (2004) afirmam: “A avaliação baseada na resolução de problemas (...) deve dar ênfase tanto aos processos de aprendizagem como aos resultados finais.” (p. 125).

Atendendo aos argumentos da literatura, neste estudo decidiu-se avaliar igualmente processos e produtos inerentes à resolução de problemas. A decisão foi assim tomada porque, dadas as exigências da sociedade actual e as futuras necessidades dos jovens em termos dos desafios científicos e tecnológicos (Aikenhead, 2002; OCDE, 2007), crê-se que é tão importante avaliar os processos, como os produtos, devendo tanto uns como outros ser considerados válidos pela comunidade científica.

Tratando-se o desempenho na resolução de problemas de um desempenho complexo, não se presta a julgamentos do tipo sim/não ou presente/ausente. De acordo com Kubiszyn e Borich (2000), a melhor forma de avaliar o desempenho na resolução de problemas é usar sistemas de cotação baseados em categorias relevantes em termos de desempenhos mais simples traduzidos nos processos e nos produtos. Também segundo Ruiz-Primo e Shavelson (1996) e Solano-Flores et al. (1999), a avaliação do desempenho na resolução de problemas deve ser baseada em sistemas de cotação analíticos, que permitem subdividir o desempenho na resolução de problemas em categorias mais simples e focar a avaliação em cada uma delas, oferecendo uma elevada fiabilidade entre avaliadores (Klein et al., 1998).

Diversos autores têm usado as seguintes categorias para avaliar o desempenho na resolução de problemas: os processos usados para resolver o problema, a exactidão das soluções (Baxter et al., 1992) e as capacidades de pensamento do pensamento crítico relacionadas com planear, raciocinar, explicar, inferir, monitorizar ou resolver problemas estrategicamente (Baxter et al., 1993).

Contudo, Kubiszyn e Borich (2000) recomendam que se usem sistemas de cotação combinados entre escalas analíticas e impressões holísticas. Segundo Kubiszyn e Borich, as escalas analíticas limitam a avaliação do desempenho a uma atribuição de pontos a categorias específicas mais indicadas para avaliar produtos. A combinação entre escalas analíticas e impressões holísticas aumenta a validade da avaliação, pois tornam-se escalas mais adequadas para avaliar processos e produtos, para além de oferecerem uma eficiência da cotação mais elevada.

A validade da avaliação do desempenho depende, ainda, de um aspecto que Ruiz-Primo e Shavelson (1996) designam por *qualidade técnica* das actividades que avaliam o desempenho. Esta qualidade relaciona-se com a concepção das actividades. Diversos autores têm desenhado actividades que avaliam o desempenho com base em planificações comuns, conseguindo em pouco tempo obter actividades equivalentes com elevada fiabilidade entre avaliadores (Solano-Flores e Shavelson, 1997; Solano-Flores et al., 1999; Stecher et al., 2000). As planificações assim concebidas têm sido inspiradas em planificações originalmente desenvolvidas para elaborar conjuntos de itens de escolha-múltipla (Haladyna e Shindoll, 1989).

Apesar das vantagens oferecidas, o uso de planificações concebidas da forma descrita não torna a avaliação do desempenho tão simples de desenvolver como itens de papel e lápis. Desenvolver actividades que avaliam o desempenho com resultados fiáveis continua a ser considerada como uma tarefa difícil pois implica, a nível metodológico, dispêndio de tempo e custos elevados (Solano-Flores e Shavelson, 1997).

Shavelson et al. (1993) constataram que as planificações usadas, por si só, não garantem avaliações fiáveis pois ao mudar de actividade, a fiabilidade dos resultados da avaliação do desempenho é comprometida.

Vários outros estudos têm mostrado que, não obstante os esforços desenvolvidos para conceber, com base numa planificação comum, actividades equivalentes e administradas em dias consecutivos, a fiabilidade da avaliação do desempenho continua a ser comprometida por aspectos como o problema colocado, as variáveis envolvidas, o equipamento e o enunciado usados, as capacidades de pensamento requeridas e a sequência pela qual as actividades são administradas (Solano-Flores et al., 1999; Solano-Flores et al., 2001).

Assim, para melhorar a qualidade técnica das actividades que avaliam o desempenho, diversos autores sugerem que as planificações passem a ser mais detalhadas, de modo a evitar interpretações diferentes por parte dos autores das actividades, bem como, que as características das actividades a ser desenvolvidas sejam ilustradas através de modelos, de forma a obter avaliações do desempenho fiáveis (Solano-Flores et al., 1999; Stecher et al., 2000).

Neste estudo, não se seleccionaram nem se adaptaram planificações para elaborar as actividades que avaliam o desempenho, dadas as limitações reveladas pelas planificações encontradas na literatura. Com efeito, as planificações consultadas conduziam à concepção de actividades com a natureza mais de exercícios académicos, do que de problemas da vida real (veja-se, por exemplo, Solano-Flores et al., 1999 e Stecher et al., 2000). Optou-se, antes, por tomar como linhas orientadoras na concepção das actividades usadas neste estudo um conjunto de características associadas às actividades com a natureza de problemas da vida real, bem como os processos e produtos que são considerados primordiais na resolução de problemas (Auntoh e Woolnough, 1994; Kubiszyn e Borich, 2000).

O factor que mais significativamente diminui a fiabilidade da avaliação do desempenho é a variabilidade da actividade, porque os indivíduos desempenham mais facilmente umas actividades, do que outras (Gao, Shavelson, e Baxter, 1994; Shavelson et al., 1993; Solano-Flores et al., 1999).

Segundo Black (1998), a variabilidade do desempenho de um aluno ao passar de uma actividade para outra, no mesmo domínio, é uma questão que só pode ser respondida empiricamente. No entanto, de acordo com diversos autores, é possível avaliar com fiabilidade o desempenho de um indivíduo num dado domínio desde que sejam usadas múltiplas actividades (Aschbacher, 1991; Mayer, 1995). Assim, Shavelson et al. (1993) recomendam que se avalie o aluno a desempenhar rotativamente oito actividades de investigação autêntica com a duração de cerca de quinze minutos cada, durante duas horas e meia e que se tome a média dos desempenhos nas três últimas actividades. Ruiz-Primo e Shavelson (1996) recomendam que se avalie cada aluno durante cerca de duas horas e meia, enquanto desempenha sete actividades de vinte minutos cada. Kubiszyn e Borich (2000) recomendam que se usem entre oito a dez actividades abrangendo uma ou duas unidades didácticas, para avaliar o desempenho de um aluno num determinado domínio.



A variabilidade da ocasião também afecta a fiabilidade da avaliação do desempenho, pois os processos que os alunos usam para conduzir investigações autênticas são instáveis, tendem a mudar de uma ocasião para outra. Ruiz-Primo et al. (1993) argumentam que a variabilidade do desempenho pode ser tão afectada pela ocasião, como pela actividade. Segundo Cronbach, Linn, Brennan, e Haertel (1997) e Shavelson, Ruiz-Primo, e Wiley (1999), a variabilidade do desempenho devida à ocasião é confundida com a variabilidade causada pela actividade, visto que cada actividade é administrada, geralmente, numa ocasião.

O avaliador é um factor que também pode diminuir significativamente a fiabilidade da avaliação do desempenho. Diversos estudos têm mostrado que é possível assegurar uma fiabilidade elevada entre avaliadores desde que cada um se prepare previamente para avaliar o desempenho. Segundo a literatura, cada avaliador deve cotar previamente 10 desempenhos. Assim preparado, o avaliador será capaz de assegurar uma fiabilidade razoável na avaliação do desempenho, desde que seja monitorizado continuamente (Ruiz-Primo e Shavelson, 1996; Shavelson et al., 1993; Solano-Flores et al., 1999; Stecher et al., 2000).

A fiabilidade da avaliação do desempenho pode ser comprometida, ainda, por um outro factor: o modo como são encarados os desafios conceptuais e metodológicos ao implementar a avaliação do desempenho nas aulas (Solano-Flores e Shavelson, 1997; Solano-Flores et al., 1999).

Em particular nas aulas de ciências, a implementação da avaliação do desempenho implica um custo e esforço que dependem, em parte, da experiência dos professores no uso de abordagens de inquérito científico. Para ultrapassar estas dificuldades e evitar causar uma disrupção excessiva no ritmo das aulas, Ruiz-Primo e Shavelson (1996) recomendam que as actividades que avaliam o desempenho abordem temas directamente ligados a unidades didácticas curriculares. Também Shavelson et al. (1993) recomendam que se ponderem o dispêndio de tempo, de custos e de pessoal requerido para desenvolver e administrar actividades que avaliam o desempenho.

Não obstante as dificuldades inerentes à validade e à fiabilidade quando comparada com a testagem tradicional, a avaliação do desempenho é uma metodologia emergente no ensino das ciências. Diversos autores recomendam que a avaliação do desempenho seja investigada profundamente para poder ser implementada com mais confiança (Ruiz-Primo e Shavelson, 1996; Solano-Flores et al., 1999; Stecher et al., 2000). Também é recomendado que sejam desenvolvidos programas de formação de modo a ajudar os professores a construir o conhecimento e a desenvolver as capacidades necessárias para seleccionar e usar avaliações do desempenho em vez de continuar a dar ênfase aos aspectos *hands-on* da avaliação do desempenho (Ruiz-Primo e Shavelson, 1996).

A par dos esforços desenvolvidos pela comunidade educativa no sentido de ultrapassar as dificuldades descritas relativas à validade e à fiabilidade da avaliação do desempenho, existe uma outra posição entre os investigadores.

Segundo Moss (1994), quando se pretende avaliar tendo por base paradigmas sobre a construção do conhecimento antagónicos tais como; o positivismo e o construtivismo, os princípios da validade e da fiabilidade não podem ser impostos do mesmo modo. Moss argumenta que, no quadro da testagem tradicional inerente à linha positivista, sendo a fiabilidade da avaliação justificada com base em medidas quantitativas de consistência entre observações independentes (por exemplo, entre testes, entre avaliadores), se a consistência for inadequada, a validade da avaliação fica comprometida. Por outro lado, no quadro da abordagem hermenêutica da avaliação, associada à linha construtivista, a avaliação não fica invalidada por causa de existir inconsistência entre avaliadores ou através de diferentes actividades, podendo a avaliação do desempenho ser válida sem existir fiabilidade, dependendo do contexto e dos propósitos da avaliação. A respeito da sobrevalorização da fiabilidade entre avaliadores, Moss afirma:

No sentido real, a ênfase na fiabilidade enfraquece o diálogo crítico. Leva a procedimentos que tentam excluir os valores e conhecimento contextualizado do avaliador e que fecham o diálogo entre avaliadores sobre os desempenhos a ser avaliados. Uma abordagem hermenêutica da avaliação encoraja este diálogo em todas as fases da avaliação. (p. 9)

Assim, a avaliação do desempenho não fica necessariamente invalidada por um desacordo inicial entre avaliadores; pelo contrário, este desacordo promove o diálogo, o debate e a compreensão enriquecida por perspectivas múltiplas à medida que as interpretações são refinadas e as decisões são justificadas. Geralmente, nestes debates as interpretações dos avaliadores mais conhecedores do contexto são as privilegiadas.

Também com base na abordagem hermenêutica da avaliação, a inconsistência do desempenho dos alunos através de diferentes actividades não invalida a avaliação do desempenho, pois esta é vista como um *puzzle* empírico para ser resolvido através da procura de interpretações baseadas em toda a evidência relevante, que expliquem a inconsistência ou articulem a necessidade de mais evidência.

Assim neste estudo, desejando-se avaliar o desempenho dos alunos na resolução de problemas com base não só, nos processos e produtos demonstrados através de respostas escritas, colhidas no caderno de registos, como também no uso de capacidades de pensamento crítico em dois contextos de aprendizagem diferentes, usaram-se como complemento do caderno de registos os dados provenientes das gravações áudio, tal como recomendam Kubiszin e Borich (2000).

Esta metodologia diversificada de colheita de dados contribuiu para aumentar a validade e a fiabilidade da avaliação do desempenho na resolução de problemas.

Assim, a avaliação do desempenho na resolução de problemas efectuada neste estudo recorreu a uma metodologia quantitativa de recolha de dados, baseada nos processos e produtos apresentados no caderno de registos sob a forma de respostas escritas, bem como a uma

metodologia qualitativa de recolha de dados, baseada em gravações áudio, na qual se usou a abordagem hermenêutica da avaliação do desempenho; ou seja, foi discutida sistematicamente entre avaliadores a identificação de capacidades de pensamento crítico usadas pelos sujeitos participantes enquanto realizavam as actividades propostas no âmbito deste estudo em pequeno grupo, em dois contextos de aprendizagem diferentes. Esta discussão tornou possível a clarificação, confirmação e complementação dos dados colhidos quantitativamente acerca do desempenho dos alunos na resolução de problemas.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGIA**

Apresentam-se neste capítulo as opções metodológicas que se estruturaram atendendo às finalidades do estudo. Depois, apresenta-se o planeamento do estudo, incluindo a concepção e o desenvolvimento de alguns dos instrumentos usados, bem como a implementação do programa de intervenção. Por fim, referem-se o tratamento e a análise de dados que se decidiram efectuar.

#### **3.1 Desenho de Investigação**

Atendendo às finalidades deste estudo já enunciadas no capítulo 1, deveria optar-se pelo método experimental, que é aquele que permite extrair implicações de causalidade a partir dos resultados, sendo o mais rigoroso de entre os métodos quantitativos existentes em investigação educacional (Gall, Gall, e Borg (2007); Mertens, 1998). Este método envolve, muitas vezes, um grupo de sujeitos que recebe um tratamento, designado por *grupo experimental* e um grupo de comparação que não recebe o tratamento ou recebe um tratamento alternativo, designado por *grupo de controlo*.

Contudo, o método experimental só oferece vantagens sobre outros métodos quando o investigador consegue exercer controlo sobre as condições da experiência de tal modo, que qualquer efeito observado possa ser atribuído apenas ao tratamento manipulado pelo investigador. Esta situação raramente acontece em investigação em Educação. Com efeito, em experiências conduzidas fora do laboratório, em escolas ou noutros locais em que o foco da investigação são seres humanos, é difícil controlar ou eliminar diversas variáveis descritas na literatura como estranhas pois, não fazendo parte do tratamento, podem afectar os resultados do estudo (Gall et al., 2007; Isaac e Michael, 1971; Lawson, 1997; Tuckman, 2002).

Um dos métodos usados para controlar as variáveis estranhas é a atribuição aleatória de sujeitos aos grupos experimental e de controlo, de modo a que cada sujeito tenha a mesma probabilidade de todos os outros de estar numa condição experimental. Procura-se, assim, que nenhum grupo apresente alguma característica que o torne estatisticamente diferente do outro; nomeadamente, quanto à variável dependente. Isto é, procura-se a *equivalência entre grupos*, condição essencial para assegurar, à partida, a validade interna da experiência. A validade interna está relacionada com a extensão com que as variáveis estranhas foram controladas pelo investigador, de modo que qualquer efeito observado possa ser atribuído apenas ao tratamento (Gall et al., 2007).

Neste estudo, uma possibilidade de constituir os grupos com aleatoriedade teria sido; escolher aleatoriamente alguns sujeitos das várias turmas e trabalhar com eles. Contudo, submeter os sujeitos nos seus grupos naturais a diferentes formas de tratamento seria discriminá-los, trazendo como consequência a possibilidade de adoptarem comportamentos diferentes do habitual, o que afectaria o seu desempenho na resolução de problemas durante a intervenção.

Assim, foi necessário dar o mesmo tratamento a grupos intactos ou turmas, as quais haviam sido pré-formadas não aleatoriamente, de acordo com os critérios administrativos das escolas. Em cada escola, os alunos que iniciam o ensino secundário são agrupados em função do curso que escolhem e também, muitas vezes, em função de terem sido colegas de turma no ano lectivo anterior. Estes critérios são incompatíveis com a formação de turmas por selecção aleatória, a qual traria como consequência o inconveniente de obrigar os alunos a deixar de pertencer às turmas de origem, deixando de ter os seus colegas habituais.

Deste modo, não se tendo atribuído aleatoriamente os sujeitos aos grupos experimental e de controlo, usou-se o modelo de investigação *quasi-experimental*, que é o mais vulgarmente utilizado em investigação educacional (Gall et al., 2007). Segundo vários autores, se for devidamente implementado, este modelo de investigação permite assegurar a validade interna e fazer interpretações relevantes (Lawson, 1997; Mertens, 1998).

Considerou-se o modelo *quasi-experimental* que inclui grupo de controlo e pré-teste como o mais adequado para testar as hipóteses do estudo porque envolve, para além da selecção não aleatória de sujeitos, a observação de, pelo menos, dois grupos de participantes; o experimental e o de controlo. Segundo Gall et al. (2007), de entre os desenhos quasi-experimentais existentes, este é o que melhor permite assegurar a validade interna.

Com efeito, a existência de grupo de controlo permite assegurar que ganhos estatisticamente significativos no final da intervenção do grupo experimental, para além dos do grupo de controlo, não possam ser atribuídos à maturação dos sujeitos. Neste estudo, os sujeitos da amostra encontravam-se, previsivelmente, no estágio cognitivo da consolidação das operações formais

(Inhelder e Piaget, 1958) pelo que entre a situação inicial e o final da intervenção passaram, naturalmente, por uma maturação cognitiva. No entanto, por terem a mesma idade, percursos de escolaridade análogos e terem feito a mesma opção curricular, quer os sujeitos do grupo experimental, quer os do grupo de controlo passaram por um processo de maturação idêntico, pelo que eventuais ganhos observados no final da intervenção no grupo experimental para além dos do grupo de controlo não poderão ser imputados à maturação natural do grupo experimental. Para além disso confirmou-se, nas escolas, que não houve qualquer critério pré-estabelecido que tivesse presidido à formação das turmas. Na zona geográfica onde decorreu a intervenção, a constituição de turmas baseia-se normalmente em razões apenas de carácter administrativo, o que leva a crer que não há indício que alguma turma ou turmas apresente alguma característica específica que a torne estatisticamente diferente das outras.

A importância do pré-teste prende-se com a possibilidade dos grupos de sujeitos poderem não ser inicialmente equivalentes quanto às variáveis dependentes. Assim antes de iniciar o tratamento, administrou-se aos sujeitos que participaram no estudo um pré-teste que avalia o desempenho na resolução de problemas e um pré-teste que caracteriza o nível e os aspectos do pensamento crítico.

Deste modo, obteve-se informação acerca dos sujeitos da amostra quanto às variáveis dependentes na situação inicial, permitindo assim controlar estatisticamente diferenças iniciais entre grupos e evitar que o efeito do tratamento fosse confundido pela selecção diferencial para poder fazer, à posteriori, interpretações válidas dos resultados.

Tendo-se verificado a não equivalência inicial entre grupos quanto a uma das variáveis dependentes, não existindo outras turmas nas três escolas seleccionadas que frequentassem a disciplina de Física e Química A e encontrando-se a investigadora constrangida às escolas que mostraram disponibilidade para colaborar na investigação, acabou por ser adoptado o desenho quasi experimental de *grupo de controlo não equivalente com pré-teste e pós-teste* para testar as hipóteses do estudo. Este desenho de investigação é simbolizado na tabela seguinte:

Tabela 3

*Desenho quasi-experimental de grupo de controlo não equivalente*

---

O X O

O O

---

*Nota.* O = pré-teste e pós-teste. X = tratamento.

Uma vez que o grupo de controlo realizou os mesmos pré-testes e pós-testes que o grupo experimental, eventuais diferenças estatisticamente significativas observadas entre os dois grupos no pós-teste não poderão ser imputadas ao efeito da testagem.

Os sujeitos da amostra foram organizados de forma a ficarem submetidos a contextos de aprendizagem diferentes durante a intervenção. Ou seja, o grupo experimental realizou actividades com a natureza de problemas da vida real e o grupo de controlo, resolveu exercícios académicos.

As duas variáveis independentes, discretas, consideradas no estudo foram a natureza das actividades, com dois níveis (problemas da vida real, exercícios académicos) e o nível educacional dos pais, com dois níveis (alto, baixo). As variáveis dependentes, contínuas, que se avaliaram antes e após a intervenção foram o desempenho na resolução de problemas (traduzido em cotação global, na cotação dos processos e dos produtos) e o nível do pensamento crítico, que inclui quatro aspectos (indução, dedução, observação e credibilidade e assumpções).

Com base nos dados colhidos antes da intervenção, testou-se estatisticamente a equivalência inicial quanto às variáveis dependentes entre os grupos seguintes:

- Grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas;
- Grupos experimental e de controlo quanto ao nível e aspectos do pensamento crítico;
- Sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo em cada um dos grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas; e
- Sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo em cada um dos grupos experimental e de controlo quanto ao nível e aspectos do pensamento crítico.

A partir dos dados colhidos no pós-teste, e depois de controladas as diferenças iniciais entre grupos, testaram-se estatisticamente diferenças quanto às variáveis dependentes entre os grupos referidos anteriormente, ou seja:

- Grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas;
- Grupos experimental e de controlo quanto ao nível e aspectos do pensamento crítico;
- Sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo em cada um dos grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas; e
- Sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo em cada um dos grupos experimental e de controlo quanto ao nível e aspectos do pensamento crítico.

### **3.2 Sujeitos**

Escolheram-se como sujeitos do estudo alunos frequentando o décimo ano de escolaridade, ou o nível três (UNESCO, 1997) que tinham optado pela disciplina de Física e Química A. As razões que levaram à escolha destes sujeitos foram as seguintes:

Os alunos de décimo ano que optam por ciências encontram-se no início de um ciclo cuja finalidade é prepará-los, efectivamente, para abordar problemas da vida real no mercado de trabalho ou nas suas carreiras académicas. De entre estes alunos, os que frequentam a disciplina de Física e Química A dos cursos científico-humanísticos do ensino secundário (Ministério da Educação, 2003) têm acesso, a médio prazo, a profissões e a carreiras académicas em domínios científicos variados, nos quais as capacidades inerentes à resolução de problemas são consideradas fundamentais. Apesar de a actual abordagem curricular de ciências do décimo ano de escolaridade preconizar a promoção da resolução de problemas, os alunos portugueses de quinze anos, idade com que tipicamente iniciam o ensino secundário, têm vindo a mostrar desempenhos modestos em literacia científica e em particular, no desempenho na resolução de problemas ao longo das diversas edições do programa PISA, incluindo a mais recente (OCDE, 2010).

Deste modo, crê-se que uma forma de contribuir para que alunos em início do ciclo de ensino que precede a sua vida activa se tornem, a média prazo, cidadãos efectivamente preparados para abordar a resolução de problemas nas suas vidas futuras, é averiguar que contextos de aprendizagem promovem o desempenho na resolução de problemas e o pensamento crítico dos alunos, de forma a poder dar aos docentes argumentos para que, nas suas práticas em sala de aula, trabalhem em abordagens de ensino fundamentadas.

#### **3.2.1 População.**

A população do estudo é constituída pelos alunos do décimo ano de escolaridade frequentando a disciplina de Física e Química A nas escolas públicas do ensino básico e secundário da zona da Grande Lisboa.

#### **3.2.2 Amostra.**

Descreve-se a constituição da amostra e procede-se, de seguida, à sua caracterização.



### 3.2.2.1 Constituição da amostra.

Uma das condições essenciais à implementação do desenho de investigação adoptado é garantir que os grupos experimental e de controlo sejam submetidos às mesmas condições, excepto no respeitante ao tratamento. Esta medida permite assegurar que as diferenças entre grupos no pós-teste possam ser atribuídas, com elevado nível de confiança, ao tratamento e não a variáveis estranhas (Gall et al., 2007).

Assim, seria desejável seleccionar para a amostra sujeitos que frequentassem a mesma escola como forma de assegurar que, durante a intervenção, os grupos experimental e de controlo seriam expostos aos mesmos eventos, excepto o tratamento. No entanto, se os sujeitos participantes frequentassem a mesma escola, o eventual contacto entre os grupos experimental e de controlo poderia causar diversos fenómenos que confundiriam o efeito do tratamento no pós-teste (Gall et al., 2007). Assim, para garantir um controlo mais efectivo de diversas variáveis estranhas que ameaçam a validade interna, optou-se por tentar seleccionar os sujeitos de forma a que os grupos experimental e de controlo funcionassem em escolas diferentes.

Tendo-se estabelecido esta condição, dificilmente era viável garantir que os grupos experimental e de controlo, para lá do tratamento, fossem expostos aos mesmos eventos durante a intervenção. Para contornar esta dificuldade, decidiu-se constituir a amostra a partir de escolas localizadas na mesma zona geográfica.

As zonas geográficas da Europa encontram-se definidas com base em vários critérios; nomeadamente, o perfil sócio-económico, histórico, cultural e ambiental. Cada uma destas zonas designa-se por *NUT*, que significa *Nomenclatura das Unidades Territoriais* e é classificada num de três níveis hierárquicos de acordo com limites demográficos: NUT 1, entre sete e três milhões de habitantes, NUT 2, entre três milhões e oitocentos mil e NUT 3, entre oitocentos e cento e cinquenta mil (Comissão Europeia, 2007).

A amostra do estudo foi constituída com alunos seleccionados a partir de três escolas localizadas na mesma NUT do nível 3 (Grande Lisboa) o que leva a crer que, durante a intervenção, os grupos experimental e de controlo tenham sido expostos a ambientes com o mesmo perfil sócio-económico, histórico e cultural. Deste modo, ofereceu-se uma maior segurança de que não será a história; ou seja, o conjunto de eventos para além do tratamento a que os sujeitos foram expostos durante a intervenção, a responsável por diferenças observadas entre grupos no pós-teste.

Um outro aspecto que se ponderou na constituição da amostra foi o número de sujeitos. Numa investigação orientada quantitativamente como é o caso desta, para se fazer uma análise estatística e de resultados com significado, atendendo ao tipo de ferramentas estatísticas que se

consideraram adequadas utilizar, o número mínimo de sujeitos requerido por grupo é trinta (Cohen, Manion, e Morrison, 2000).

Assim, era necessário que o grupo experimental e o grupo de controlo incluíssem cada um, à partida, trinta sujeitos com pais de nível educacional alto e trinta sujeitos com pais de nível educacional baixo. Deste modo, era necessário reunir sessenta sujeitos em cada um dos grupos experimental e de controlo, totalizando *cento e vinte* o número mínimo de sujeitos requerido para se poder conduzir esta investigação. De modo a acautelar a perda de sujeitos que previsivelmente ocorre durante a intervenção, fenómeno designado por *mortalidade experimental*, tentou-se reunir inicialmente um número de alunos que excedesse em pelo menos 20% o mínimo requerido. Segundo Gall et al. (2007), esta percentagem é uma estimativa realista da mortalidade experimental por cada ano de intervenção. Tendo por base este critério, considerou-se ser necessário reunir inicialmente, por excesso, cento e quarenta e quatro alunos para constituir a amostra do estudo.

Para reunir o número pretendido de alunos, seleccionaram-se por conveniência sete, das sessenta e seis escolas públicas do ensino básico e secundário existentes na zona da Grande Lisboa (Direcção Regional de Educação de Lisboa e Vale do Tejo, 2008). Estas escolas foram escolhidas por serem acessíveis e por parecerem estar, à partida, disponíveis para participar no estudo.

Atendendo às finalidades do estudo, fez-se o levantamento do nível educacional dos pais dos sujeitos potencialmente participantes através do questionário *Nível Educacional dos Pais* (ver apêndice L), concebido e desenvolvido propositadamente para este fim, que foi administrado aos alunos antes de iniciar a intervenção. Este levantamento permitiu colher os dados relativos ao nível educacional da Mãe e do Pai de cada sujeito.

Colhidos estes dados, procurou-se discriminar os sujeitos de forma a agrupar os sujeitos do grupo experimental e do grupo de controlo em função do nível educacional dos pais. Ponderou-se a possibilidade de constituir grupos extremos, seleccionando para cada grupo apenas os sujeitos dos extremos da distribuição do nível educacional dos pais. Isso significaria agrupar num grupo considerado como *pais com nível educacional alto* os alunos com pais que tivessem concluído o doutoramento (nível 6) e no grupo considerado como *pais com nível educacional baixo* os alunos com pais que não tivessem concluído o primeiro ciclo (nível zero) (UNESCO, 1997). Este procedimento traria a vantagem de aumentar a probabilidade dos grupos revelarem diferenças quanto às variáveis dependentes (Gall et al., 2007). No entanto, traria como consequência a perda de um número considerável de sujeitos da amostra, impossibilitando efectuarem-se as análises estatísticas pretendidas. Outra desvantagem seria; não se tomar em consideração a contribuição dos alunos da faixa intermédia da amostra, que inevitavelmente existem nos grupos naturais.

Assim, incluíram-se no grupo *pais com nível educacional alto*, os sujeitos que declararam ter pai e mãe, no mínimo, com o décimo segundo ano completo ou que tinham uma das figuras

parentais, no mínimo, com a frequência do ensino graduado podendo a outra ter apenas o ensino secundário incompleto ou menos. Incluíram-se no grupo *pais com nível educacional baixo* os sujeitos que declararam ter pai e mãe, no máximo, com o ensino secundário incompleto ou que tinham uma das figuras parentais, no máximo, com o décimo segundo ano completo, e a outra, com o ensino secundário incompleto ou menos.

Constituídos os grupos da forma descrita, o estudo acabou por ter lugar em três, das sete escolas abordadas inicialmente. Estas escolas foram as eleitas porque ofereciam um número de alunos mais do que suficiente para constituir os grupos necessários à implementação do desenho de investigação adoptado. Para além disso, os professores de Física e Química destas escolas voluntarizaram-se para colaborar efectivamente no estudo. Deste modo a amostra ficou constituída, inicialmente, por cento e setenta e sete sujeitos distribuídos pelos grupos experimental e de controlo e simultaneamente, em função do nível educacional dos pais.

Para além destes critérios acautelou-se, na constituição da amostra, que maus desempenhos na resolução de problemas no pós-teste não pudessem ser explicados em termos do insucesso académico em ciências no ano lectivo anterior. Com efeito, é descrito na literatura o risco dos ganhos observados no final de um tratamento poderem ser atribuídos a uma selecção de alunos academicamente melhores para o grupo experimental (Gall et al., 2007). Diversos estudos empíricos que abordam a resolução de problemas em Ciência excluem da amostra alunos com falta de aproveitamento em ciências no ano anterior como forma de assegurar que maus desempenhos na resolução de problemas não possam ser atribuídos à falta de conhecimentos prévios em ciências (Finegold e Mass, 1985; Rodrigues, 2001).

Assim, apesar de terem participado no estudo os cento e setenta e sete alunos reunidos inicialmente, seleccionaram-se à posteriori para a amostra apenas os que tinham tido aproveitamento no ano lectivo anterior nas disciplinas de ciências. Esta selecção foi feita após o final da intervenção para evitar que os sujeitos não seleccionados para a amostra se sentissem excluídos no contexto das suas unidades naturais, as turmas. Deste modo, seleccionaram-se para a amostra cento e sessenta e quatro alunos que no ano lectivo anterior haviam transitado do nono para o décimo ano com aproveitamento em Ciências Físico-Químicas e em Ciências Naturais ou que, tendo frequentado o décimo ano, tinham tido aproveitamento em Física e Química e Biologia e Geologia. Esta informação foi obtida a partir dos registos biográficos dos alunos.

Durante a intervenção, ocorreu a mortalidade experimental devida a alunos que se ausentaram, nomeadamente por doença, não permitindo obter todos os dados pretendidos. Assim, de entre os cento e sessenta e quatro alunos seleccionados, a amostra passou a ser definitivamente constituída por apenas aqueles que estiveram sempre presentes; na totalidade, cento e trinta e oito alunos.

### 3.2.2.2 Caracterização da amostra.

Em consequência dos critérios utilizados na selecção dos sujeitos para a amostra, esta acabou por ficar constituída por 138 sujeitos, sendo 67 do sexo masculino e 71 do sexo feminino. A tabela seguinte mostra o número total de sujeitos da amostra e a sua distribuição por escola, turma a que pertencem e nível educacional dos pais.

Tabela 4

*Número de Sujeitos da Amostra por Escola, Turma e Nível Educacional dos Pais*

Escola	Turma	Número de sujeitos ( <i>N</i> = 138)	Nível Educacional dos Pais	
			Alto	Baixo
X	A	25	16	9
	B	23	16	7
	C	20	13	7
Y	D	15	2	13
	E	11	2	9
Z	F	26	15	11
	G	18	2	16

A idade média dos sujeitos é de 15.6 (*DP*=0.7) anos, sendo a dos alunos do sexo feminino de 15.6 (*DP*=0.6) e a dos alunos do sexo masculino de 15.7 (*DP*=0.8). As indicações sobre a idade, o sexo e o nível educacional dos pais foram colhidas junto dos alunos através do questionário *Nível Educacional dos Pais* (apêndice L), já mencionado anteriormente.

### 3.3 Planeamento do Estudo

Um processo fundamental no planeamento do estudo foi a concepção do programa de intervenção, bem como a construção e validação dos instrumentos usados na investigação. Para levar a cabo este processo, foi conduzido um estudo piloto em sete escolas públicas do ensino básico e secundário com alunos do décimo ano que tinham optado por ciências. Estas escolas, embora distintas das que se contactaram para conduzir o estudo principal, localizam-se todas na zona da Grande Lisboa pois de acordo com Gall et al. (2007), é desejável que os instrumentos concebidos numa investigação sejam testados com uma amostra de sujeitos retirada da mesma população donde se seleccionam os participantes.

O estudo piloto decorreu ao longo de dois anos lectivos, tendo nele participado quinhentos e trinta e dois alunos e dezoito professores. Durante este período de tempo, desenvolveu-se o programa de intervenção; em particular, conceberam-se, desenvolveram-se, testaram-se e refinaram-se as actividades usadas na intervenção, o respectivo sistema de cotação, o caderno de registos e os questionários destinados a colher dados sobre o nível educacional dos pais dos sujeitos participantes, sobre as práticas docentes dos professores envolvidos no estudo, sobre a natureza dos trabalhos propostos nas suas aulas e sobre as opiniões dos sujeitos e dos respectivos professores acerca das actividades usadas na intervenção. Ainda, puderam treinar-se métodos de observação de aulas e ensaiar os diversos instrumentos e métodos de tratamento e análise de dados.

O estudo piloto permitiu desenvolver e avaliar as actividades usadas na intervenção através de quatro etapas sucessivas de aperfeiçoamento que se passam a descrever.

### **3.3.1 Concepção e desenvolvimento das actividades usadas na intervenção.**

Descreve-se, nesta secção, cada uma das etapas de concepção e desenvolvimento das actividades usadas na intervenção.

#### **3.3.1.1 Primeira versão.**

Para conceber a primeira versão das actividades, tomou-se por base a definição de *contexto de aprendizagem* como tratando-se, em grande parte, da actividade; ou seja, o conjunto de interacções que o aprendente estabelece com o mundo que o rodeia através de objectos, acções e operações (Figueiredo e Afonso, 2006; Leont'ev, 1977; Nardi, 2001).

Também se partiu do pressuposto explícito no programa PISA 2003 (OCDE, 2004) de que os processos usados na resolução de problemas dependem, entre outros aspectos, do tipo de estrutura da resolução do problema em questão. Para avaliar o desempenho na resolução de problemas como forma de preparação dos alunos para a vida activa, este programa avaliou através de testes de papel e lápis os processos usados em três estruturas genéricas de resolução de problemas, referidas como *tomada de decisão*, *análise e desenho de sistemas* e *ultrapassagem de dificuldades*.

Os problemas de tomada de decisão envolvem a necessidade de seleccionar uma, de entre várias alternativas. Para tal, é necessário compreender a informação fornecida e as exigências do problema, identificar as limitações relevantes, criar uma representação do problema, tomar uma decisão que satisfaça as limitações, verificar que a solução satisfaz as limitações e comunicar, justificando, a decisão.

Os problemas de análise e desenho de sistemas requerem a análise de uma situação complexa para compreender a sua lógica e/ou desenhar uma solução que funcione e permita atingir certas finalidades. Para tal, é necessário compreender relações complexas entre diversas variáveis interdependentes, identificar as suas características relevantes, criar ou aplicar uma representação do problema, analisar ou desenhar um sistema permitindo atingir finalidades relevantes, avaliar e comunicar, justificando, uma solução.

Os problemas de ultrapassagem de dificuldades dizem respeito à necessidade de diagnosticar uma falha num sistema ou mecanismo. Para tal, é necessário compreender como funciona o equipamento ou o procedimento em questão, identificar as características críticas para diagnosticar, criar ou aplicar uma representação relevante, diagnosticar uma falha, propor uma solução e, quando exigido, executar essa solução.

A escolha, por parte da OCDE, destas três estruturas genéricas de resolução de problemas para avaliar o desempenho dos alunos teve por critérios principais o facto de se tratarem de problemas interdisciplinares focados em contextos da vida real, mais complexos do que os usados tradicionalmente nas aulas. Com efeito, pode ler-se no documento da OCDE (2003):

(...) os problemas usados para avaliar a resolução de problemas (...) prolongam as medidas específicas da área disciplinar em termos de conteúdo (focando-se em situações da vida real requerendo transferência de aprendizagem curricular) e de cenário (focando-se em ambientes complexos, dinâmicos e da vida real bem como em actividades de raciocínio). (p. 176)

Decidiu-se, assim, usar estruturas de resolução de problemas como as do programa PISA 2003, identificando cada uma delas com uma actividade de natureza diferente das usadas tradicionalmente nas aulas, envolvendo pensamento lógico e raciocínio analítico usados na vida real. A intenção era comparar os processos de resolução de problemas usados pelos alunos ao realizar cada actividade num determinado contexto de aprendizagem, sendo este identificado com a natureza da actividade; isto é, com o tipo de estrutura da resolução do problema em questão: tomada de decisão, análise e desenho de sistemas ou ultrapassagem de dificuldades.

Assim, com a finalidade de constituir um banco de actividades de resolução de problemas com as características das estruturas descritas, estabeleceram-se critérios, segundo os quais as actividades deviam ser:

- Seleccionadas a partir de fontes credíveis;
- Consideradas como problemas de tomada de decisão, análise e desenho de sistemas ou ultrapassagem de dificuldades pelas autoras e por outros investigadores; e

- Consideradas como diferentes das tradicionalmente realizadas nas aulas do décimo ano pelos alunos, independentemente de serem de papel e lápis ou experimentais.

Com base nestes critérios e nas seguintes fontes: Teaching Media Resource Service (2005), Journal of Chemical Education (1999), OCDE/PISA (2004) e National Science Foundation (2000), constituiu-se um banco de vinte e nove actividades.

Após uma análise mais fina, a investigadora e sua orientadora optaram apenas por oito actividades que melhor pareciam cumprir os critérios estabelecidos. Cada uma das actividades é constituída por duas partes. A primeira parte foi designada para o aluno como “tarefa”, por corresponder aos procedimentos e acções a levar a cabo de imediato. A segunda parte foi designada como “relatório”, por corresponder aos registos de dados, de observações e à construção de inferências, nomeadamente sob a forma de conclusões. No apêndice A apresentam-se três dessas actividades, sendo duas de papel e lápis e uma experimental, para ilustrar cada uma das estruturas de resolução de problemas que se pretendiam desenhar: ultrapassagem de dificuldades (actividade 1); análise e desenho de sistemas (actividade 2) e tomada de decisão (actividade 3).

Assim desenhadas, as actividades da primeira versão foram pilotadas. Colheram-se os dados junto aos alunos através do questionário *O que Achaste da Actividade?* (ver apêndice B), que inclui cinco itens de resposta aberta para permitir aos alunos tecer comentários sobre a semelhança entre a actividade realizada e os problemas resolvidos habitualmente nas aulas, sobre as dificuldades sentidas na compreensão das questões e na realização do trabalho, bem como dar sugestões de mudança e criticar a actividade. O questionário foi subdividido em dois, para possibilitar colher dados simultaneamente sobre a primeira e sobre a segunda parte das actividades.

No final da administração de cada actividade, os alunos pronunciaram-se por escrito, individualmente, sobre a “tarefa” ou sobre o “relatório”. Com a finalidade de clarificar respostas, entrevistaram-se alguns alunos individualmente através de uma entrevista semi-estruturada, usando como guião o próprio questionário.

Paralelamente, colheram-se dados provenientes de um painel de sete investigadores nas áreas da Educação, da Física e da Química. Pediu-se-lhes que classificassem por escrito as actividades de acordo com os tipos de estruturas de resolução de problemas definidos pela OCDE (2003) e que comentassem cada actividade, sugerindo as correcções que entendessem ser pertinentes.

Relativamente aos dados obtidos dos investigadores, verificou-se uma discordância geral relativamente ao tipo de estrutura de resolução de problemas que se pretendia propor com as actividades.

Com base nos dados colhidos dos alunos, escolheram-se quatro das actividades avaliadas para reformular, as que reuniram maior consenso em termos de serem diferentes dos exercícios habituais do décimo ano devido à exigência de raciocínio e ao carácter motivador.

### **3.3.1.2 Segunda versão.**

Mantendo presente a finalidade de averiguar se a natureza das actividades influencia o desempenho na resolução de problemas, decidiu-se incluir outra característica que permitisse distinguir as actividades em termos da sua natureza. Incluiu-se o *tipo de situações* em que as actividades são apresentadas, tendo-se estabelecido dois tipos de situações possíveis: situações *da vida real*, e situações *académicas*.

Tendo por base este critério para além dos mencionados na versão anterior, reformularam-se as quatro actividades seleccionadas e, a partir das fontes usadas anteriormente, conceberam-se mais duas. O novo banco de seis actividades continuou a englobar actividades de papel e lápis e experimentais. Apresentam-se duas delas, experimentais, no apêndice C: uma, que se considerou integrada numa situação da vida real, de ultrapassagem de dificuldades (actividade 4) e a outra, que se considerou ser apresentada numa situação académica, de análise e desenho de sistemas (actividade 5). Pretendia-se, com estas actividades, criar dois contextos de aprendizagem que se distinguíssem com base nas situações em que as actividades eram apresentadas e dos processos usados pelos alunos perante as estruturas de resolução de problemas em questão.

As seis actividades mencionadas foram pilotadas. Colheram-se os dados dos alunos através do questionário usado anteriormente. Pretendendo-se colher também dados sobre o uso de capacidades de pensamento crítico durante a realização das actividades, fizeram-se registos áudio das interacções verbais dos alunos enquanto trabalharam em pequeno grupo.

Tomando como referencial a taxonomia de pensamento crítico de Ennis (1987), ensaiou-se uma análise de conteúdo sobre as transcrições destes registos. O que se pretendia era, a partir das capacidades de pensamento crítico identificadas, associá-las aos processos usados em cada estrutura de resolução de problemas distinguindo, assim, as actividades quanto à sua natureza.

A análise de conteúdo efectuada permitiu identificar as capacidades de pensamento crítico usadas pelos alunos enquanto realizavam as actividades. Verificou-se que, quer o tipo de situações que se tinham assumido como tratando-se de situações *da vida real* ou *académicas*, quer as estruturas de resolução de problemas propostas não se diferenciaram em termos do uso de capacidades de pensamento crítico. Assim, abandonou-se a ideia de tentar diferenciar a natureza das actividades em função das capacidades de pensamento crítico usadas perante diferentes estruturas



de resolução de problemas. Esta decisão foi assim tomada em consequência dos dados obtidos revelarem dificuldade em fazer esta distinção.

Uma outra questão de ordem conceptual que surgiu foi o facto de se ter verificado que as actividades não eram verdadeiramente de *resolução de problemas*. Nas respostas ao questionário, os alunos referiram explicitamente que o facto de ser disponibilizado o material necessário a cada grupo, por bancada, acabou por lhes dar pistas para os métodos de resolução.

Procedeu-se a uma análise mais crítica das actividades, depois da pilotagem, reconhecendo-se que haviam sido fornecidos anexos contendo dados explícitos e em quantidade suficiente para resolver as questões, listas de material específico e outras orientações que forneciam pistas para os métodos de resolução.

Considerou-se pois, que as actividades propostas não tinham uma natureza suficientemente aberta e eram demasiado estruturadas, acabando por redundar em exercícios de foro académico.

### **3.3.1.3 Terceira versão.**

Assim, para conceber actividades que fossem efectivamente de *resolução de problemas*, com base nas fontes Chemistry Education Research and Practice (2006) e Gazeta de Física (1996) estabeleceram-se os seguintes critérios:

- Não explicar à partida a finalidade ou finalidades da actividade,
- Não fornecer dados suficientes,
- Requerer métodos de resolução nem sempre familiares,
- Requerer o uso de capacidades de pensamento crítico e,
- Admitir mais do que uma solução plausível.

Usaram-se ainda, na concepção e no desenvolvimento destas actividades, três critérios adicionais, sendo dois deles mantidos desde as versões anteriores. As actividades a usar na intervenção deveriam ser:

- Seleccionadas a partir de fontes credíveis;
- Consideradas como diferentes das tradicionalmente realizadas nas aulas do décimo ano, independentemente de serem de papel e lápis ou experimentais:
  - Pelos alunos e,
  - Pelos professores.

Tomando por base estes critérios, reformularam-se duas das actividades pilotadas anteriormente, as que reuniram maior consenso dos alunos em relação à exigência de raciocínio e ao carácter motivador, que as tornavam pouco semelhantes aos exercícios das aulas do décimo ano. Para além disso, com base na literatura elaboraram-se mais doze actividades.

Esta versão incluiu, assim, catorze actividades: sete experimentais e sete de papel e lápis. Desenharam-se as actividades experimentais pedindo-se aos alunos, em cada uma delas, para conduzir uma *investigação autêntica*, que de acordo com a literatura consultada consiste em: planear uma investigação, rever o planeamento, manipular o equipamento disponibilizado, descrever o procedimento, registar os dados, inferir conclusões e justificá-las. As actividades desenhadas sob a forma de papel e lápis pediam aos alunos que descrevessem o planeamento das investigações, incluindo como previam usar o equipamento disponível, e que revissem o planeamento mas sem ter que as realizar.

Desejando-se criar contextos de aprendizagem baseados na implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real e diferenciá-los dos contextos de aprendizagem baseados em actividades académicas, decidiu-se criar actividades experimentais integradas a partir de um tema unificador, relacionado com a vida real, enquanto que as actividades de papel e lápis foram apresentadas em situações académicas díspares; ou seja, não integradas.

Seleccionou-se o tema unificador a partir das fontes: Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (2008) e The World of Science (1997). O tema, que trata da instalação de uma estação de investigação numa reserva natural em Portugal, foi escolhido porque se considerou de interesse actual e relevante para a sociedade. Com base nele, conceberam-se sete situações que fossem plausíveis de acontecer na vida real, cada uma respeitante a uma actividade experimental.

Deste modo, cada uma das actividades experimentais, integradas, desafia os alunos a colocarem-se no papel de cientistas que são confrontados com uma questão levantada a propósito da montagem da estação de investigação, ou a propósito da actividade diária no trabalho de campo. Por outro lado as actividades de papel e lápis, apresentadas em situações académicas e sob a forma de colecção, pedem aos alunos que descrevam como conduziram uma investigação autêntica.

Duas das actividades concebidas da forma descrita são apresentadas no apêndice D: a actividade 6 é uma investigação autêntica integrada numa situação da vida real e inclui a introdução ao tema unificador e a actividade 7, de papel e lápis, é apresentada numa situação académica.

Durante a pilotagem das actividades, disponibilizou-se aos alunos o material necessário à sua realização numa bancada comum. No início de cada actividade, informaram-se oralmente os alunos que, no caso de necessitarem de outros materiais para além dos que tinham sido colocados na bancada, poderiam encontrá-los na sala de aula ou no laboratório, podendo solicitar a ajuda do professor, se considerassem necessário.

No final da realização de cada actividade, colheram-se os dados dos alunos através da segunda versão do questionário *O que Achaste da Actividade?* Foi necessário adaptar este questionário (ver apêndice E) às alterações das actividades. Para além das questões originais adaptadas, adicionou-se um item com uma escala de termos para obter a impressão dos alunos acerca da semelhança entre as actividades pilotadas e os trabalhos realizados nas aulas de Física e Química e um item de resposta aberta para a justificação da resposta.

De acordo com os critérios estabelecidos nesta versão, colheram-se também os dados dos professores através do questionário *Opinião Sobre a Actividade* (ver apêndice F). Cada questionário incluía o enunciado de uma actividade e itens para obter a opinião dos professores acerca do grau de dificuldade, da adequação ao 10º ano e dos conteúdos abordados. Incluiu-se, ainda, um item com a forma de escala de termos para colher a opinião dos professores quanto à semelhança entre cada uma das actividades propostas e os trabalhos propostos nas aulas e dois itens de resposta aberta que permitiam fundamentar a resposta.

Efectuado o levantamento das diferenças mais apontadas pelos alunos às actividades, em geral, foi apontada a dificuldade de compreender a finalidade do item que pedia para reverem o planeamento. Os aspectos mais salientados relativamente às investigações autênticas foram o facto de terem que obter dados para responder às questões, de não terem inicialmente indicações para realizar as experiências e de terem que raciocinar e planear, em vez de memorizar. Foi também estranhado o item que pedia para explicar em que é que baseavam as conclusões. Relativamente às actividades de papel e lápis, as diferenças mais apontadas pelos alunos foram o facto de não terem indicações suficientes para planear as experiências e de poderem dar várias respostas correctas. Nalgumas destas actividades, foi salientado o facto de não poderem manipular os materiais, perdendo a oportunidade de verificar se o planeamento resultaria, o que tornava, segundo a sua opinião, as actividades pouco motivantes.

Estes dados levaram-nos a tomar a decisão de usar na intervenção, apenas, investigações autênticas. Atendeu-se, simultaneamente, ao facto de sete das catorze actividades avaliadas terem sido consideradas por um maior número de alunos e de professores como pouco, ou nada semelhantes aos trabalhos realizados nas aulas. Três destas actividades eram investigações autênticas, integradas em situações da vida real e curiosamente quatro, foram apresentadas em situações académicas sob a forma de papel e lápis.

Os aspectos referidos como fazendo a diferença entre as actividades propostas e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas foram, principalmente, o carácter aberto, proporcionando autonomia para tomar decisões, a exigência de reflexão, o facto de ter que ser feito o planeamento sem indicações prévias por parte do professor e o tipo de materiais disponibilizados, de uso diário corrente.

Assim, nesta fase, seleccionaram-se para virem a ser usadas na intervenção as sete actividades que se destacaram por serem as que reuniram um maior consenso, por parte de alunos e professores, acerca de serem diferentes quanto à sua natureza dos trabalhos realizados habitualmente nas aulas.

#### ***3.3.1.4 Quarta versão.***

Duas das actividades destacadas como passíveis de serem usadas na intervenção, uma investigação autêntica e uma actividade de papel e lápis, abordavam um tema comum. Por esta razão e também porque já se havia decidido, face aos dados colhidos, que não se usariam na intervenção actividades de papel e lápis, optou-se por manter apenas a investigação autêntica, tendo-se assim ficado a dispôr de seis actividades para usar na intervenção; três investigações autênticas, e três actividades de papel e lápis.

Uma vez que se pretendia, de acordo com as finalidades do estudo, administrar um pré-teste e um pós-teste para avaliar os sujeitos da amostra quanto ao desempenho na resolução de problemas e não quanto ao desempenho na resolução de exercícios, redesenharam-se para este fim duas das actividades de papel e lápis sob a forma de investigações autênticas. Optou-se por usar estas actividades porque foram consideradas como marcando a diferença relativamente aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas por proporcionarem autonomia, necessidade de raciocinar e materiais de uso quotidiano. Não se integraram estas duas actividades propositadamente em situações da vida real nem no tema unificador para evitar que os sujeitos do grupo de controlo fossem expostos, no pré-teste, a uma actividade contextualizada, análoga às que se pretendiam administrar ao grupo experimental.

As três investigações autênticas e uma das actividades de papel e lápis que se haviam seleccionado foram destinadas a serem usadas como tratamento, tendo sido a actividade de papel e lápis redesenhada sob a forma de investigação autêntica e integrada numa situação da vida real e no tema unificador.

A reformulação das actividades sob a forma de investigações autênticas teve por base um conjunto de critérios encontrados na literatura acerca do que, na resolução de problemas, são considerados como processos e como produtos. Assim, atendendo aos processos e aos produtos inerentes à resolução de problemas descritos por Auntoh e Woolnough (1994), bem como por Kubiszyn e Borich (2000), estabeleceram-se para as investigações autênticas usadas na intervenção os seguintes processos:

- Planear investigações,

- Rever o planeamento das investigações.

e definiram-se os seguintes produtos:

- Comunicar os resultados aos outros,
- Aplicar conhecimento científico e,
- Analisar e interpretar dados.

Atendendo às dificuldades detectadas nas respostas dos alunos à segunda versão do questionário *O que Achaste da Actividade?* reformularam-se alguns dos itens das actividades de forma a torná-los mais explícitos, esperando-se aumentar a sua inteligibilidade e assim, assegurar da melhor forma a sua validade.

Na tabela que se segue, contrapõem-se como exemplo os itens da terceira e da quarta versão da actividade *Propriedades físicas de materiais*, que foi usada no pré-teste.

Como se pode observar a partir desta tabela:

- O item A, que pedia de uma forma genérica para planear experiências com uma determinada finalidade, passou a requerer explicitamente que os alunos justificassem por que razão as experiências que propunham, cumpriam as finalidades a que se destinavam (processo de planear investigações).
- O item B, que pedia para rever o planeamento requerendo, em simultâneo, a indicação e a justificação de eventuais modificações, passou a requerer explicitamente a indicação de modificações feitas ao planeamento ou de ausência de modificações, bem como a justificação em qualquer dos casos (rever o planeamento das investigações).
- O item D, que aglutinava o pedido de registar procedimentos e resultados, passou a requerer a descrição dos procedimentos (comunicar os resultados aos outros).
- Criaram-se os itens E e F requerendo, separadamente, o registo de dados e a respectiva organização (comunicar os resultados aos outros).
- O item G substituiu o item E, sem alterações.
- O item F, que pedia de uma forma genérica a argumentação das conclusões, foi substituído pelo item H, que pede explicitamente dois aspectos da argumentação: a explicação da relação entre as conclusões e a finalidade do estudo, e entre as conclusões e os dados colhidos (analisar e interpretar dados).

Após terem sido reformuladas da forma descrita, as seis actividades (ver apêndice G) foram ensaiadas em sala de aula.

Tabela 5

*Itens da Actividade Usada no Pré-teste na Terceira e na Quarta Versão*

Terceira versão	Quarta versão
<p>A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir qual dos materiais é, simultaneamente, resistente ao choque mecânico e ao choque térmico.</p> <p>Nota: Para o efeito, tem algum equipamento e bibliografia ao seu dispôr.</p>	<p>A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir se algum dos materiais é resistente, simultaneamente, ao choque mecânico e ao choque térmico.</p> <p>A.1) Explique por que razão (ou razões) a(s) experiência(s) que planeou cumpre(m) a finalidade a que se destina(m).</p> <p>Nota: Para o efeito, tem algum equipamento e bibliografia ao seu dispôr.</p>
<p>B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, seleccionar o material simultaneamente resistente ao choque mecânico e ao choque térmico.</p> <p>Se fizer modificações, indique por escrito quais e justifique-as.</p>	<p>B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, decidir se algum material é simultaneamente resistente ao choque mecânico e ao choque térmico.</p> <p>B.1) Se fizer modificações, indique por escrito quais.</p> <p>B.2) Justifique as modificações que propõe.</p> <p>B.3) Se não propuser modificações, justifique por escrito a sua decisão.</p>
<p>C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.</p> <p>D) Registe os procedimentos e os resultados.</p> <p>E) A que conclusão ou conclusões é que chegou?</p> <p>F) Em que é que baseia a sua conclusão ou conclusões?</p>	<p>C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.</p> <p>D) Descreva os procedimentos que realizou.</p> <p>E) Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas.</p> <p>F) Organize os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade.</p> <p>G) A que conclusão ou conclusões é que chegou?</p> <p>H) Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos.</p>

Antes de ensaiar a implementação desta versão, negociou-se com os professores que colaboraram nesta fase da pilotagem, no sentido de acordar com eles um conjunto de condições específicas consideradas fundamentais para assegurar a implementação adequada de actividades de investigação autêntica (Kubiszyn e Borich, 2000). Assim, acautelaram-se as seguintes condições:

- Tempo suficiente (aulas de cento e trinta e cinco minutos) para os alunos poderem preparar, repensar, rever e finalizar cada actividade, incluindo escrever as respostas. A outra alternativa possível, aulas curriculares de noventa minutos, era insuficiente para os alunos poderem finalizar as actividades;
- Acesso livre à pesquisa em manuais escolares ou noutras fontes que os alunos entendessem e pudessem consultar, para além dos textos e documentos que acompanhavam as actividades;
- Disponibilidade total dos professores para, durante a administração das actividades, prestarem esclarecimentos aos alunos e, no caso de equipamento pouco familiar, lhes prestarem apoio na manipulação sem, contudo, lhes fornecerem orientações para realizar o trabalho; e
- Acesso livre ao uso de calculadoras, no caso dos alunos considerarem estas como um meio necessário à resolução dos seus problemas.

Garantidas as condições acabadas de mencionar, ensaiou-se a implementação das actividades em sala de aula.

Colheram-se os dados dos alunos através do questionário reformulado pela terceira vez *O que Achaste da Actividade?* (ver apêndice H). O questionário manteve a formulação anterior e as questões da segunda versão; contudo, ajustaram-se os itens à nova versão das actividades. Para explorar as respostas dadas acerca do grau de semelhança entre as actividades propostas e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas, incluíram-se dois itens de resposta aberta; um abrangendo as semelhanças e o outro, as não semelhanças, para que os alunos justificassem mais concretamente a sua posição.

Colheram-se os dados dos professores através do questionário *Opinião Sobre a Actividade* (apêndice I), que se reformulou com a finalidade de explorar as respostas dos professores acerca do grau de semelhança entre cada actividade proposta e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas. A reformulação seguiu a mesma linha da efectuada ao questionário *O que Achaste da Actividade?* dirigido aos alunos. Para além disso, tendo-se dispensado o item que permitia confirmar os conteúdos do programa do 10º ano abordados, visto já o terem sido na fase anterior da pilotagem, o questionário passou a ser comum a todas as actividades usadas neste estudo.

### 3.3.1.1 *Caderno de registos.*

Pretendendo-se avaliar individualmente os sujeitos da amostra quanto ao seu desempenho na resolução de problemas, foi necessário colher as respostas escritas individuais às actividades usadas neste estudo. Com esta finalidade, concebeu-se um caderno de registos. Na concepção do caderno de registos, tomou-se por base a estrutura dos itens das actividades usadas neste estudo; também se usaram como inspiração exemplos de cadernos de registos encontrados na literatura (Shavelson et al., 1991; Solano-Flores et al., 1999).

Assim, cada uma das seis actividades usadas na intervenção é acompanhada de um caderno de registos, idêntico para qualquer uma delas, que é constituído por quatro páginas de tamanho A4, com espaços grandes para fomentar que as respostas não fossem curtas mas sim elaboradas, exceptuando o item C, que não requer resposta escrita. Na primeira página do caderno de registos inclui-se um campo para preenchimento de dados de identificação do aluno e da escola (ver apêndice G).

### 3.3.1.2 *Sistema de cotação.*

Com a finalidade de avaliar as respostas escritas individuais às actividades usadas na intervenção, concebeu-se um sistema de cotação baseado num conjunto de categorias. Na linha das sugestões de Auntoh e Woolnough (1994) e de Kubiszin e Borich (2000), já mencionadas anteriormente, cada categoria descreve o desempenho dos alunos em termos de processos e de produtos inerentes à resolução de problemas.

As categorias do sistema de cotação e os processos e produtos que lhes correspondem apresentam-se na tabela que se segue.

Como se pode observar nesta tabela, cinco das categorias que descrevem o desempenho na resolução de problemas são respeitantes aos processos e outras cinco, aos produtos.

Com a finalidade de se obter uma classificação do desempenho na resolução de problemas, atribuiu-se a cada categoria três níveis de desempenho: *resposta completa* (1 ponto), *resposta incompleta* (0.5 pontos) e *resposta sem sentido ou ausente* (0 pontos). A escala numérica assim desenhada é uma *escala analítica*, já que descreve o desempenho na resolução de problemas através de desempenhos mais simples traduzidos em processos e em produtos (Kubiszin e Borich, 2000). Concebeu-se, também, uma escala para cotar a impressão global sobre o desempenho na resolução de problemas traduzido nos processos e nos produtos, tendo-se definido três níveis de desempenho: *abaixo da média* (1 ponto), *média* (2 pontos) e *claramente acima da média* (3 pontos). A escala assim descrita é uma *escala holística* pois baseia-se na impressão geral sobre a qualidade dos



processos e dos produtos que traduzem o desempenho na resolução de problemas (Kubiszin e Borich, 2000).

Tendo-se ponderado igualmente os processos e os produtos na avaliação do desempenho na resolução de problemas, na escala analítica atribuem-se cinco pontos aos processos e igual valor aos produtos, totalizando dez pontos a cotação máxima do desempenho na resolução de problemas. Na escala holística, atribuíram-se seis pontos à qualidade global do desempenho na resolução de problemas, sendo metade deste valor respeitante à qualidade geral dos processos e a outra metade, à dos produtos.

Tabela 6

*Correspondência entre Processos, Produtos e as Categorias que Descrevem o Desempenho na Resolução de Problemas*

Processos e Produtos	Categorias
<b>Processos</b>	
1. O aluno planeia investigações.	1.1) Explicita a finalidade de cada experiência que propõe. 1.2) Explica por que razão vai realizar cada experiência que planeou. 1.3) Indica como vai utilizar o material fornecido para realizar cada experiência que planeou.
2. O aluno revê o planeamento das investigações.	2.1) Questiona se a metodologia da investigação estará bem planeada ou se existem outras opções para chegar a uma solução. 2.2) Justifica modificações propostas ou a decisão de não propor modificações.
<b>Produtos</b>	
3. O aluno comunica os resultados aos outros.	3.1) Descreve os procedimentos que realizou. 3.2) Regista os dados usando terminologia científica. 3.3) Organiza os dados de uma maneira coerente atendendo à finalidade da investigação.
4. O aluno aplica conhecimento científico.	4.1) Infere conclusões válidas atendendo às interpretações com base nos dados colhidos relacionando-as com a finalidade da investigação.
5. O aluno analisa e interpreta dados.	5.1) Explica os dados colhidos, traduzindo-os à luz da finalidade da investigação.

O sistema de cotação que resultou da combinação entre as duas escalas é apresentado na tabela seguinte.

Tabela 7

*Sistema de Cotação Combinado***Escala analítica****Total de pontos (10)**Quanto aos processos:

1.1 Explicita a finalidade de cada experiência que propõe.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

1.2 Explica por que razão vai realizar cada experiência que planeou.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

1.3 Indica como vai utilizar o material fornecido para realizar cada experiência que planeou.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

2.1 Questiona se a metodologia estará bem planeada ou se existem outras opções para chegar a uma solução.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

2.2 Justifica modificações propostas ou a decisão de não propor modificações.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

Quanto aos produtos:

3.1 Descreve os procedimentos que realizou.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

3.2 Regista os dados usando linguagem científica.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

3.3 Organiza os dados de uma maneira coerente atendendo à finalidade da investigação.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

Tabela 7 (continuação)

*Sistema de Cotação Combinado*

3.4 Infere conclusões válidas atendendo às interpretações com base nos dados colhidos relacionando-as com a finalidade da investigação.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

3.5 Explica os dados colhidos, traduzindo-os à luz da finalidade da investigação.

1	0.5	0
resposta completa	resposta incompleta	resposta sem sentido ou ausente

**Escala holística****Total de pontos (6)**

1. Qual a impressão global sobre a qualidade dos processos ?

1	2	3
Abaixo da média	Média	Claramente acima da média

2. Qual a impressão global sobre a qualidade dos produtos ?

1	2	3
Abaixo da média	Média	Claramente acima da média

**Total de pontos para a Cotação global (16)**

O sistema de cotação descrito nesta tabela mostra que o desempenho na resolução de problemas é cotado com uma cotação global total de dezasseis pontos. Metade da cotação global, oito pontos, é respeitante aos processos e a outra metade, aos produtos.

Tendo-se ensaiado a cotação das respostas às actividades da quarta versão, levantaram-se dúvidas sobre considerar como processos, ou como produtos algumas das categorias que descrevem o desempenho na resolução de problemas.

Inicialmente, decidiu-se que as categorias que descrevem as fases da resolução de problemas que antecedem a inferência de conclusões finais seriam classificadas como *processos*. Deste modo, começaram por se classificar como processos as categorias que se seguem.

- *Descreve os procedimentos que realizou,*
- *Regista os dados usando linguagem científica, e*

- *Organiza os dados de uma maneira coerente atendendo à finalidade da investigação.*

Contudo, ao longo do ensaio da cotação das respostas às actividades da quarta versão, emergiu a necessidade de reconsiderar esta decisão. Constatou-se que as respostas escritas dos alunos aos itens correspondentes a estas categorias eram direccionadas para a construção e fundamentação de conclusões, pelo que se ponderou passar a considerá-las como produtos. Tanto mais que, de acordo com Kubiszin e Borich (2000), a construção das conclusões e as explicações que as fundamentam, como por exemplo, a elaboração de diagramas e de gráficos, devem ser consideradas como produtos do desempenho na resolução de problemas. Deste modo, acabaram por se considerar as categorias enumeradas como produtos do desempenho na resolução de problemas.

O sistema de cotação combinado, concebido e ensaiado da forma descrita, permitiu cotar as respostas escritas dadas às actividades da quarta versão, bem como as dadas às actividades administradas como pré-teste e pós-teste no estudo principal.

### **3.3.2 Caracterização das práticas docentes.**

Pretendendo-se atribuir os grupos naturais dos sujeitos participantes às condições experimental e de controlo por selecção não aleatória de grupos intactos, estabeleceram-se alguns critérios, já mencionados anteriormente.

Um dos critérios a que se atendeu foi a natureza dos trabalhos que os alunos realizavam habitualmente nas aulas de Física e Química. Desejando-se administrar, como tratamento, actividades com a natureza de problemas da vida real, se um ou mais dos professores envolvidos no estudo usasse actividades desta natureza habitualmente nas suas aulas, então os respectivos alunos não poderiam vir a constituir o grupo de controlo, sob pena de mascarar o efeito do tratamento.

Assim, antes de iniciar a intervenção caracterizaram-se as práticas docentes dos professores envolvidos no estudo. Optou-se por fazer esta caracterização recorrendo a dois olhares cruzados: o dos próprios docentes e o dos respectivos alunos.

Descreve-se, a seguir, esta caracterização.

#### **3.3.2.1 Olhar dos professores.**

Para que cada um dos professores envolvidos no estudo caracterizasse as suas práticas docentes, administrou-se-lhes o questionário *Práticas Docentes* (apêndice M) que inclui três dimensões:

- Uso de materiais curriculares para promover o uso de capacidades de pensamento crítico inerentes à resolução de problemas (MC),
- Implementação de actividades laboratoriais (AL), e
- Estratégias de ensino de aproximação a problemas da vida real usadas na implementação de actividades laboratoriais (EE).

Estas dimensões são designadas daqui em diante pelas siglas indicadas entre parêntesis para cada uma delas.

Na tabela que se segue, são apresentados os dados relativos à cotação das dimensões MC, AL e EE e à soma das cotações das três dimensões, referida como *Total*. Tal como se explica mais adiante, quanto mais elevados forem os valores das cotações obtidas neste questionário, significa que mais habitual é o uso de actividades em sala de aula com a natureza de problemas da vida real; quanto mais baixos forem estes valores, menos habitual é o uso de actividades em sala de aula com a natureza de problemas da vida real, ou mais habitual é o uso de exercícios académicos.

A partir dos valores expressos na tabela, pode observar-se que os professores C e F são os que apresentam o valor da cotação *Total* mais elevado; ou seja, estes dois professores foram os que assinalaram mais termos da escala e/ou termos com mais peso indicadores do uso de actividades em sala de aula com a natureza de problemas da vida real. O professor C é o que apresenta o valor mais elevado na dimensão MC, o que sugere que se trata do que usa mais habitualmente materiais curriculares para promover o uso de capacidades de pensamento crítico inerentes à resolução de problemas. O professor F é o que apresenta o valor mais elevada na dimensão EE, o que sugere que é aquele que usa mais habitualmente estratégias de ensino de aproximação a problemas da vida real na implementação de actividades laboratoriais.

Tabela 8

*Valores das Cotações Relativas a Hábitos de Realização de Actividades com a Natureza de Problemas da Vida Real nas Aulas: Percepção dos Professores*

Professores	Total	MC	AL	EE
A	52	10	10	32
B	58	13	11	34
C	68	16	12	40
D	63	12	10	41
E	57	11	13	33
F	68	14	12	42
G	60	14	12	34

Por outro lado, o professor A é o que apresenta os valores mais baixos em todas as dimensões e na cotação Total. Isto é, trata-se do professor que assinalou menos termos da escala e/ou termos com menos peso indicadores do uso de actividades em sala de aula com a natureza de problemas da vida real, o que leva a crer que era o professor que menos habitualmente propunha nas aulas actividades com a natureza de problemas da vida real.

Os professores B, D, E e G apresentam valores intermédios na cotação Total. O professor E é, de entre os sete, o que apresenta o valor mais elevado na cotação da dimensão AL, o que indicia que era aquele que usava mais frequentemente em sala de aula actividades laboratoriais. Apesar disto, o valor elevado da cotação na dimensão AL não é condição suficiente para levar a pensar que o professor E usava habitualmente em sala de aula actividades com a natureza de problemas da vida real, já que apresenta valores relativamente baixos nas cotações das dimensões MC e EE. Estes dados indiciam que o professor E usava habitualmente em sala de aula actividades laboratoriais, mas implementava-as essencialmente como exercícios académicos.

### **3.3.2.2 Olhar dos alunos.**

Para que os alunos participantes caracterizassem a natureza dos trabalhos que realizavam habitualmente nas aulas de Física e Química, administrou-se-lhes o questionário *Trabalhos Habituais nas Aulas de Física e Química* (apêndice N). Este questionário foi também organizado de acordo com as dimensões MC, AL e EE. Tal como se explica mais adiante, neste questionário os termos da escala de resposta indicam, progressivamente 1 (*poucas vezes*), 2 (*algumas vezes*), 3 (*muitas vezes*) e 4 (*quase sempre*).

Calcularam-se as percentagens de respostas por cada dimensão e por termo. Quanto mais elevada for a percentagem de respostas assinalando o termo 4, mais respostas indicam que nas aulas são realizadas *quase sempre* actividades com a natureza de problemas da vida real. Quanto mais elevada for a percentagem de respostas assinalando o termo 1, mais respostas indicam que nas aulas *poucas vezes* são realizadas actividades com a natureza de problemas da vida real ou, que é habitual resolver nas aulas exercícios académicos. A percentagem da totalidade das respostas assinaladas por cada termo da escala é designada como *Total*.

Na tabela seguinte apresentam-se as percentagens das respostas assinaladas por turma, dimensão do questionário e termo da escala de resposta.

Comparando na coluna *Total* as percentagens de respostas que os alunos assinalaram nos termos 1 e 4, pode observar-se que uma maior percentagem assinalou que poucas vezes realizavam nas aulas actividades com a natureza de problemas da vida real. Em relação à dimensão MC, pode notar-se que nas turmas B, C, D, E e F uma maior percentagem de alunos assinalou que *poucas*

vezes usavam nas aulas materiais curriculares para promover o uso de capacidades de pensamento crítico inerentes à resolução de problemas e nas turmas A e G, foi assinalada uma maior percentagem da resposta *algumas vezes*. Nas turmas B, C, D, E e F, metade ou mais dos alunos assinalou o termo 1, indicando que nas aulas é usado *quase sempre* o manual escolar.

Tabela 9

*Percentagens de Respostas Assinaladas sobre Hábitos de Realização de Actividades com a Natureza de Problemas da Vida Real nas Aulas: Percepção dos Alunos*

Turmas	n <sup>a</sup>	MC				AL				EE				Total			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A	29	28	45	24	3	11	7	41	41	24	37	25	14	23	34	27	16
B	26	50	38	12	0	21	12	35	32	35	30	25	10	34	29	25	12
C	26	50	23	27	0	21	13	29	36	32	30	25	13	32	28	25	15
D	12	50	33	17	0	38	4	33	25	30	34	25	11	32	31	25	12
E	27	52	33	11	4	35	9	28	28	33	34	22	11	34	31	22	13
F	26	54	34	12	0	37	21	27	15	29	20	27	24	31	21	26	22
G	20	15	45	35	5	30	25	28	17	27	33	28	12	27	33	28	12

Nota. <sup>a</sup>Número de alunos que responderam ao questionário, por turma.

Relativamente à dimensão AL, uma maior percentagem de alunos nas turmas A e C assinalou que realizava *quase sempre* actividades laboratoriais nas aulas. Na turma B, uma maior percentagem de alunos respondeu que realizava *muitas vezes* actividades laboratoriais nas aulas. Nas turmas D, E, F e G uma maior percentagem de alunos assinalou que *poucas vezes* realizava actividades laboratoriais nas aulas.

Na dimensão EE pode notar-se que uma maior percentagem de alunos nas turmas B, C e F assinalou *poucas vezes* e que uma maior percentagem de alunos nas turmas A, D, E e G assinalou que *algumas vezes* eram usadas na implementação de actividades laboratoriais nas aulas estratégias de ensino de aproximação a problemas da vida real.

### 3.3.2.3 Cruzamento entre as respostas dos professores e dos alunos.

Comparando-se os dados expressos nas tabelas 8 e 9 pode notar-se que, em geral, as opiniões dos professores e as dos respectivos alunos não coincidem. O olhar dos professores relativamente às suas práticas é, muitas vezes, mais complacente.

Veja-se o caso do professor F, que é o que apresenta o valor mais elevado na cotação da dimensão EE; isto é, trata-se do professor que declarou usar mais habitualmente em sala de aula estratégias de ensino associadas a actividades de resolução de problemas da vida real. Uma maior percentagem dos seus alunos respondeu que poucas vezes isto acontecia nas aulas.

Um outro caso de discrepância é o do professor C que foi aquele que declarou usar mais habitualmente materiais curriculares para promover o uso de capacidades de pensamento crítico. Metade dos respectivos alunos respondeu que *poucas vezes* usavam nas aulas materiais curriculares para promover o uso de capacidades de pensamento crítico inerentes à resolução de problemas.

No caso do professor E, que foi aquele que declarou realizar em sala de aula mais habitualmente actividades laboratoriais, uma maior percentagem dos respectivos alunos declarou que nas aulas, poucas vezes realizavam este tipo de actividades.

O professor A é o único em que não se observou a tendência de ser mais complacente em relação às suas práticas docentes do que os respectivos alunos. Tendo este professor sido o que declarou que menos frequentemente usava nas aulas actividades laboratoriais; uma maior percentagem dos seus alunos assinalou que nas aulas, quase sempre as realizavam. Este resultado poderia indiciar o uso em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real; contudo, quer as respostas do professor, quer as dos alunos nas outras dimensões do questionário sugerem que poucas vezes realizavam em sala de aula actividades com a natureza de problemas da vida real.

Finalizado o cruzamento dos dados provenientes das respostas dos professores e dos alunos em relação aos hábitos de realização de actividades com a natureza de problemas da vida real nas aulas, constatou-se que os alunos participantes no estudo resolviam pouco habitualmente actividades com a natureza de problemas da vida real nas aulas de Física e Química. Assim, tendo-se controlado a natureza dos trabalhos habitualmente realizados nas aulas de Física e Química antes de iniciar a intervenção, constatou-se não haver razão para atribuir especialmente algum ou alguns dos grupos naturais de sujeitos à condição experimental, ou de controlo.

Deste modo, para assegurar a validade interna, tomaram-se algumas medidas de controlo de variáveis estranhas na constituição dos grupos experimental e de controlo, que se descrevem a seguir.

### **3.3.3 Constituição dos grupos experimental e de controlo.**

Na constituição dos grupos experimental e de controlo controlaram-se as seguintes variáveis estranhas: a difusão do tratamento, o efeito de John Henry, a desmoralização ressentida no grupo de controlo e a mortalidade experimental.



Para controlar o efeito da difusão do tratamento, criaram-se condições já referidas anteriormente para, da melhor forma, evitar o contacto entre os grupos experimental e de controlo. Deste modo, as turmas da escola Y realizaram actividades com a natureza de problemas da vida real (grupo experimental), enquanto que as turmas da escola Z resolveram exercícios académicos (grupo de controlo). No entanto, devido ao constrangimento de ter que se conduzir o estudo em apenas três escolas, acabou por se tornar inevitável que, pelo menos numa delas, na escola X, funcionassem uma turma de controlo e duas turmas experimentais.

Era, pois, necessário tomar medidas para evitar, na escola X, a difusão do tratamento para o grupo de controlo. Para além disso, era necessário controlar o efeito da rivalidade compensatória do grupo de controlo (também designado por *efeito de John Henry*). Isto é, pretendia-se que os sujeitos do grupo de controlo não se apercebessem do trabalho realizado com o grupo experimental durante a intervenção. Se tal acontecesse, os alunos do grupo de controlo poderiam esforçar-se para competir com os colegas, comprometendo assim a validade interna, já que uma eventual equivalência entre os grupos experimental e de controlo no pós-teste poderia ser imputada ao desempenho acima do habitual por parte do grupo de controlo.

Por outro lado, era também necessário controlar um fenómeno designado por *desmoralização ressentida no grupo de controlo*. Este efeito pode ocorrer se os sujeitos do grupo de controlo se aperceberem que os colegas estão a realizar actividades que lhes são interditas, podendo ficar desencorajados e mostrar um desempenho abaixo do habitual no pós-teste. Como consequência, eventuais diferenças a favor do grupo experimental no pós-teste poderiam ser imputadas a ganhos inflacionados artificialmente pela desmoralização do grupo de controlo, em vez de serem atribuídas ao tratamento.

Assim, para assegurar da melhor forma o não contacto entre os sujeitos dos grupos experimental e de controlo na escola X, seleccionaram-se para o grupo experimental duas turmas que tinham aulas de Física e Química em dias alternados em relação à terceira turma, que funcionou como controlo.

Esta separação entre os dois grupos ofereceu uma maior segurança em termos também do controlo de um outro fenómeno que ameaça a validade interna, a *mortalidade experimental*. Este fenómeno consiste na perda de participantes durante a intervenção devido à sua ausência durante uma ou mais sessões do tratamento, no pré-teste ou no pós-teste. A ausência dos alunos ao longo da intervenção pode ser causada, entre outras razões, por ressentimento ao aperceberem-se que estão numa condição experimental ou desvantajosa, ou demasiado exigente. Como consequência, o número de sujeitos pode tornar-se insuficiente para se fazer uma análise estatística com significado; por outro lado, pode ocorrer uma perda diferencial de participantes de tal modo, que a percentagem de respostas seja inflacionada artificialmente num dos grupos, enviesando os resultados.

Uma outra possibilidade de o efeito do tratamento ser confundido por uma variável estranha seria os professores do grupo de controlo terem procurado discutir o programa de intervenção com os colegas envolvidos no grupo experimental, ou terem-lhes pedido materiais administrados durante o tratamento para usarem nas suas aulas. Este fenómeno traria como consequência a difusão do tratamento para o grupo de controlo, ao longo do tempo.

Porém, os professores do grupo experimental e de controlo eram, na maioria, de escolas diferentes: os docentes das turmas experimentais eram da escola Y, enquanto que os docentes das turmas que funcionaram como grupo de controlo eram da escola Z. Assim, a probabilidade de ocorrer a difusão do tratamento para o grupo de controlo era mínima. Na escola X, de entre os três docentes envolvidos no estudo, dois tinham, cada um, uma turma experimental e o terceiro, tinha uma turma do grupo de controlo. No final da intervenção, este docente declarou, numa entrevista informal, que não tinha tido conhecimento acerca das actividades administradas durante a intervenção nem dos materiais com elas relacionados, por parte dos colegas envolvidos no estudo.

Tendo por base os critérios acabados de mencionar, bem como os já referidos anteriormente, respeitantes ao número de sujeitos por grupo e por nível educacional dos pais, constituíram-se os grupos experimental e de controlo como se descreve na tabela seguinte, onde é indicado o número de sujeitos de cada grupo por nível educacional dos pais, escola e turma a que pertenciam.

O grupo experimental é constituído por 74 sujeitos; 36 dos quais com pais de nível educacional alto e 38 com pais de nível educacional baixo. A idade média dos sujeitos deste grupo é de 15.7 ( $DP = 0.8$ ) anos. A idade média dos sujeitos com pais de nível educacional alto é de 15.7 ( $DP=0.7$ ) anos e a dos sujeitos com pais de nível educacional baixo é de 15.6 ( $DP=0.8$ ).

O grupo de controlo é formado por 64 sujeitos, dos quais 30 têm pais com nível educacional alto e 34 têm pais com nível educacional baixo. A idade média dos sujeitos do grupo de controlo é de 15.6 ( $DP = 0.6$ ) anos. A idade média dos sujeitos com pais de nível educacional alto é de 15.7 ( $DP=0.7$ ) anos e a dos sujeitos com pais de nível educacional baixo é de 15.6 ( $DP=0.8$ ).

Embora não tivesse sido um critério pré-estabelecido na constituição dos grupos experimental e de controlo, as médias das idades dos sujeitos dos dois grupos são semelhantes e o mesmo se passa, dentro de cada grupo, em relação aos sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo.

O facto de os grupos considerados na amostra serem semelhantes quanto à idade dos sujeitos é vantajoso em termos da validade interna pois, deste modo, diferenças estatisticamente significativas entre grupos no pós-teste não poderão ser imputadas ao efeito *interacção maturação-selecção*.

Tabela 10

*Número de Sujeitos por Grupo, Nível Educacional dos Pais, Escola e Turma*

Grupo	Nível Educacional dos Pais	Escola	Turma	Número de alunos por turma
Experimental (n=74)	Alto (n=36)	X	A	16
				16
		Y	D	2
			E	2
	Baixo (n=38)	X	A	9
			B	7
		Y	D	13
			E	9
Controlo (n=64)	Alto (n=30)	X	C	13
		Z	F	15
			G	2
	Baixo (n=34)	X	C	7
		Z	F	11
			G	16

De facto, Gall et al. (2007) referem um estudo em que, sendo a idade média dos sujeitos do grupo experimental seis meses superior à do grupo de controlo, quaisquer diferenças entre os grupos no pós-teste poderiam ser imputadas ao efeito da idade dos alunos, em vez de serem atribuídas ao tratamento.

### 3.3.4 Fontes de dados.

Um dos passos mais importantes no planeamento do estudo foi decidir escolher fontes de dados e métodos que proporcionassem, de forma coerente, a informação necessária para responder às questões de investigação.

Uma vez que, de acordo com a literatura, o uso de um método e fonte de dados únicos causa uma imagem parcial e distorcida dos fenómenos em estudo (Cohen et al., 2000; Denzin, 1997), recorreu-se neste estudo à triangulação de métodos e de fontes de dados. Esta estratégia é considerada valiosa para melhorar a compreensão dos fenómenos em estudo, aumentando a validade das inferências feitas a partir dos dados. Com efeito, Gall et al. (2007) afirmam: “(...) os métodos mistos de investigação, em que tanto dados qualitativos como quantitativos são colhidos,

estão a ser alvo de crescente atenção e respeito na comunidade educacional de investigadores.” (p. 460).

Assim, utilizaram-se neste estudo métodos quantitativos de recolha e análise de dados, tendo-se recorrido também a métodos qualitativos para complementar a informação obtida. Colheram-se dados provenientes de fontes de natureza áudio e escrita junto quer dos alunos participantes, quer dos professores envolvidos no estudo e em momentos distintos ao longo da intervenção.

#### ***3.3.4.1 Registos áudio.***

Uma vez que para ensaiar as hipóteses formuladas no estudo era necessário efectuar uma avaliação do desempenho na resolução de problemas aos sujeitos da amostra, pretendia-se colher dados que fossem provenientes de fontes diferentes, a fim de os poder triangular e assegurar, assim, a validade das inferências feitas acerca desta variável.

Assim, para além de se obterem as respostas escritas às actividades usadas neste estudo, fizeram-se gravações áudio das interacções verbais entre os sujeitos participantes no estudo enquanto as desempenhavam. As gravações foram integralmente transcritas e a partir delas, com base na taxonomia de Ennis (1987), identificaram-se as capacidades do pensamento crítico usadas pelos alunos. Por triangulação entre os dados provenientes das respostas escritas dos alunos às actividades e as capacidades do pensamento crítico identificadas nos registos áudio, fizeram-se inferências mais válidas e fiáveis acerca do seu desempenho na resolução de problemas.

Durante o ensaio das gravações áudio feito ao longo do estudo piloto, já referido anteriormente, detectaram-se problemas tais como: a qualidade pobre do som e a sobreposição da voz do professor à dos alunos que, por vezes, impedia a audição dos grupos em boas condições. A tomada de consciência destas dificuldades ajudou a oferecer uma maior garantia de obter registos satisfatórios no estudo principal. Neste sentido, os gravadores foram testados antes de cada aula para evitar comprometer as gravações no caso de não estarem em boas condições, tal como a literatura recomenda (Bogdan e Biklen, 1994; Gall et al., 2007).

O uso de gravações áudio permitiu registar e analisar interacções verbais em tempo real de três sujeitos ao mesmo tempo, já que os alunos trabalharam em pequeno grupo enquanto realizavam as actividades. Assim, durante a intervenção colheram-se mais dados do que seria possível recorrendo apenas a registos escritos, aumentando deste modo a validade da avaliação do desempenho (Kubiszyn e Borich, 2000). As gravações áudio ofereceram, ainda, a possibilidade de colher dados não antecipados na fase do planeamento da observação que poderiam, eventualmente, tornar-se importantes tanto na investigação em curso, como em futuros estudos (Gall et al., 2007).

Não obstante as vantagens dos registos áudio, tinha-se consciência de que a presença de gravadores inibe os participantes, podendo levar ao condicionamento das respostas (Gall et al., 2007; Wragg, 1999). Para minimizar esta inibição, considerou-se a possibilidade de pedir aos professores que, antes da intervenção, usassem os gravadores de uma forma sistemática nas aulas para que os alunos se habituassem à sua presença. Não se fez, no entanto, este pedido por se sentir que seria uma intrusão excessiva nas aulas dos docentes que haviam mostrado disponibilidade para colaborar efectivamente no estudo e cedido uma parte das suas aulas para a investigadora conduzir a investigação.

Uma outra forma de remediar a inibição causada pelos gravadores seria desprezar as gravações das primeiras aulas da intervenção. Esta medida traria como inconveniente ter que prolongar o tempo da intervenção, criando a necessidade de desenvolver um maior número de actividades e de negociar a cedência de mais aulas por parte dos professores. Para além do tempo adicional que seria necessário despende no desenvolvimento e avaliação de mais actividades de resolução de problemas, seria inevitável a relutância, por parte dos professores, em ceder um ainda maior número de aulas para implementar o programa de intervenção.

Pretendendo-se atenuar a inibição que iria ser causada pelos gravadores, optou-se por pedir a autorização dos professores colaboradores no estudo para mostrar aos alunos os gravadores nas aulas de Física e Química que precederam a intervenção. Nessa ocasião, pediu-se aos alunos que manuseassem os gravadores, para verificarem como eram fáceis de operar. Tal como a literatura recomenda, explicou-se a finalidade das gravações e da utilização dos dados colhidos, assegurando-se o carácter confidencial dos registos (Gall et al., 2007; Mertens, 1998). Esclareceu-se que, no caso de alguém se recusar a autorizar que se efectuassem as gravações, não seria prejudicado por isso, respeitando-se assim a vontade de cada um.

Deste modo, pensa-se ter atenuado a inibição que iria ser causada pelos gravadores. Apesar de, nalguns casos, se notarem inibições pontuais no decorrer das gravações, de um modo geral, após o esclarecimento feito inicialmente, os alunos não estranharam a presença dos gravadores e colaboraram no seu manuseamento ao longo da intervenção.

#### *3.3.4.1.1 Tratamento dos dados provenientes dos registos áudio.*

No final da intervenção obteve-se um universo de duzentos e cinquenta registos áudio, tornando-se moroso e difícil transcrever e analisar todos exaustivamente. Assim, definiu-se um plano de selecção de modo a constituir uma amostra representativa do universo dos registos efectuados para serem transcritos.

*Seleccção dos registos áudio.*

Durante as aulas em que incidiu a recolha de dados, devido ao facto de alguns alunos faltarem e para que os colegas de grupo não fossem obrigados a trabalhar sozinhos, o que era incompatível com as finalidades e as metodologias delineadas neste estudo, casualmente a constituição de alguns grupos de trabalho sofreu modificações. Atendendo à finalidade pretendida com os registos áudio, que era identificar as capacidades de pensamento crítico usadas pelos sujeitos da amostra no pré e no pós-teste, era fundamental garantir que fossem oriundos de grupos formados pelos mesmos sujeitos ao longo de toda a intervenção.

Assim, não se incluíram na amostra as gravações obtidas dos grupos de trabalho que mudaram de constituição ao longo da intervenção. Também não se incluíram na amostra as gravações dos alunos que haviam sido excluídos da amostra por não terem realizado todas as actividades previstas na intervenção e por não terem tido aproveitamento no ano lectivo anterior nas disciplinas de ciências.

A partir dos registos áudio que cumpriam os critérios acabados de mencionar, efectuou-se uma selecção aleatória estratificada não proporcional, por grupos, recorrendo ao uso de tabelas de números aleatórios (Gall et al., 2007; Leedy, 1974). Tomou-se por base o critério de incluir na amostra registos áudio respeitantes a um grupo de trabalho por professor e por turno. Este critério foi assim definido para assegurar, da melhor forma, que os dados a analisar foram colhidos na maior diversidade possível de contextos criados no estudo.

Feita a selecção dos registos áudio, obteve-se uma amostra de trinta registos de noventa minutos cada, correspondentes a cinco grupos de trabalho, três experimentais e dois de controlo. Desejando-se triangular os dados provenientes das respostas escritas dos alunos ao pré e ao pós-teste e dos registos áudio, escolheram-se, das trinta gravações áudio, as dez respeitantes ao pré e ao pós-teste dos cinco grupos de trabalho que haviam sido seleccionados.

*Análise de conteúdo das transcrições.*

Efectuaram-se as transcrições dos registos áudio seleccionados tendo-se registado, para além das interacções verbais respeitantes ao desempenho na resolução de problemas, alguns aspectos detectados tais como: comportamentos, pausas e mudanças no teor do discurso. Estas anotações são consideradas como facilitadoras da análise de sequências fragmentadas de registos áudio, na medida em que contribuem para reconstruir o contexto partilhado pelos sujeitos de cada grupo (Cohen et al., 2000).

Para assegurar a fiabilidade das inferências feitas a partir dos dados, nomeadamente a sua estabilidade em termos de tempo, as gravações foram ouvidas mais do que uma vez, tendo-se repetido a audição das transcrições passadas várias semanas (Cohen et al., 2000; Gall et al., 2007).

Uma vez efectuadas as transcrições dos registos áudio seleccionados, realizou-se uma análise de conteúdo. A análise de conteúdo é a designação genérica de uma variedade de meios de análise de comunicações que envolve descrever, comparar e categorizar o corpo de dados visando obter indicadores que permitam inferir acerca das condições de produção desses dados, permitindo testar hipóteses (Bardin, 2004; Gall et al., 2007).

Seguindo as técnicas descritas por Bardin (2004) começou por se fazer uma leitura “flutuante” das transcrições, que consistiu em tomar contacto com o texto, explorar as primeiras impressões da leitura e fazer as primeiras projecções das capacidades de pensamento crítico de acordo com a taxonomia de Ennis.

De seguida, efectuou-se a codificação do corpo de dados; isto é, transformaram-se sistematicamente os dados brutos do texto agregando-os, de modo a obter unidades de registo; ou seja, recortes do texto contendo descrições em que os temas fossem pertinentes, pois segundo Bardin (2004):

O tema é a unidade de significação que se liberta naturalmente de um texto analisado segundo certos critérios relativos à teoria que serve de guia à leitura. O texto pode ser recortado em ideias constituintes, em enunciados e em proposições portadores de significações isoláveis. (p. 99)

Seguidamente, criaram-se indicadores; ou seja, interpretações dos dados compilados de acordo com o uso das capacidades de pensamento crítico descritas na taxonomia de Ennis (1987). Ao mesmo tempo, categorizaram-se os indicadores observados, agrupando-os em cinco categorias que representam as áreas básicas de pensamento crítico descritas na taxonomia de Ennis. Acautelou-se, tal como recomenda a literatura (Bardin, 2004; Gall et al., 2007), que as categorias assim concebidas fossem homogéneas, pois tratam-se das áreas de capacidades de pensamento crítico definidas por Ennis, incluídas na mesma dimensão de análise e que fossem pertinentes, pois incluem-se no mesmo quadro conceptual e relacionam-se com algumas das variáveis dependentes do estudo: o nível e os aspectos do pensamento crítico.

Para assegurar a fiabilidade das inferências entre avaliadores, para além da investigadora, pediu-se a mais dois avaliadores que usassem a versão portuguesa da taxonomia de Ennis (Oliveira, 1992) para analisar as transcrições respeitantes às actividades desempenhadas no pré e no pós-teste e que escrevessem as capacidades do pensamento crítico identificadas à frente de cada recorte. Para este efeito, foi-lhes dada uma cópia da versão portuguesa da taxonomia de Ennis, bem como cópias das transcrições.

Feito o trabalho de análise por parte dos avaliadores, estabeleceram-se comparações entre as diferentes análises para detectar situações em que houve total concordância, e situações em que se verificaram divergências. Nestes casos, discutiram-se as razões que levaram os avaliadores a apresentar diferentes análises até se atingir uma opinião consensual.

Uma vez que houve, de um modo geral, concordância suficiente nas análises apresentadas (igual ou maior a 90%), crê-se que a fiabilidade entre avaliadores é suficientemente elevada (Gall et al., 2007; Tuckman, 2002).

Depois de terem sido tratados, os dados respeitantes à análise das transcrições relativas às actividades do pré e do pós-teste foram compilados em tabelas criadas com a finalidade de os organizar e permitir a sua leitura.

### ***3.3.4.2 Documentos e registos escritos.***

Gall et al. (2007) diferenciam documentos, de registos escritos. Os autores definem: (...) documentos, como comunicações escritas preparadas por razões pessoais e não oficiais. Em contraste, registos são comunicações escritas que têm um propósito oficial. Por exemplo, cartas pessoais, diários pessoais e rascunhos de artigos são documentos, enquanto que contratos legais (...) e artigos de jornal são registos. (p. 291)

Neste estudo colheram-se dados provenientes dos seguintes documentos escritos:

- Respostas dos alunos às actividades do pré e do pós-teste,
- Resultados provenientes de um teste que mede o nível e aspectos do pensamento crítico,

Colheram-se dos alunos as respostas aos questionários:

- *Nível Educacional dos Pais* (apêndice L).
- *Trabalhos habituais nas aulas de Física e Química* (apêndice N) sobre a natureza dos trabalhos realizados habitualmente nas aulas,
- *O que achaste da actividade?* (apêndice O) sobre o programa de intervenção, o pré e o pós-teste,

e dos professores as respostas aos questionários:

- *Práticas Docentes* (apêndice M), acerca da natureza dos trabalhos que propunham habitualmente nas aulas, e
- *Opinião sobre a actividade* (apêndice I) sobre o programa de intervenção, o pré e o pós-teste.



Por outro lado, colheram-se dados provenientes de registos escritos: os registos biográficos dos alunos que participaram no estudo. Estes registos foram consultados com a finalidade de conhecer as classificações dos alunos participantes no estudo no ano lectivo anterior em disciplinas de ciências, conforme os critérios usados na constituição da amostra de sujeitos já referidos anteriormente. Consideraram-se os registos biográficos como fontes de dados fiáveis, já que o seu significado não varia com o leitor que os utiliza nem ao longo do tempo (Gall et al., 2007).

Para consultar os registos biográficos, foi necessário obter a autorização expressa das Direcções das escolas. Assim, esclareceu-se junto deste órgão o objectivo da consulta e assegurou-se a protecção da confidencialidade das informações consultadas, tal como é recomendado na literatura (Gall et al., 2007; Mertens, 1998). Com efeito, não era autorizado requisitar os registos biográficos, nem fotocopiá-los ou fotografá-los para consulta posterior, pelo que se fez a consulta dos registos biográficos nas secretarias das escolas.

### **3.3.5 Instrumentos.**

Os documentos escritos tiveram como suporte a utilização de diversos instrumentos que se passam a referir, bem como as finalidades de cada um deles:

- Seis actividades de resolução de problemas, destinadas a ser resolvidas pelos alunos ao longo da intervenção;
- O teste de pensamento crítico de Cornell (Nível X), usado para caracterizar o nível e aspectos do pensamento crítico dos alunos;
- Cinco questionários, três administrados aos alunos e dois, aos professores.

Para além dos instrumentos mencionados utilizou-se a taxonomia de Ennis (1987), não para colher dados, mas sim para outras finalidades metodológicas que se indicam mais adiante.

#### ***3.3.5.1 Descrição dos instrumentos.***

Com excepção do teste de pensamento crítico de Cornell (Nível X) e da taxonomia de Ennis (1987), os restantes instrumentos foram concebidos propositadamente para este estudo. Nesta secção descrevem-se os instrumentos usados.

### 3.3.5.1.1 *Actividades usadas no estudo.*

Descrevem-se as actividades usadas no estudo referindo-se, também, o seu modo de administração, cotação e correcção.

#### *Descrição das actividades.*

Cada uma das seis actividades usadas no estudo inclui: um guião com o enunciado e os itens, um caderno de registos e diversos textos e documentos para consulta (ver apêndice G). Quatro destas actividades foram administradas como tratamento: Procura de água potável, Produção de energia eléctrica, Escolha de bancada de trabalho e Decidir telhas. Cada uma destas actividades está integrada no tema unificador apresentado como uma introdução. As duas actividades restantes, não integradas, foram usadas, respectivamente, como pré-teste (Propriedades físicas de materiais) e como pós-teste (Absorção de radiação).

Os materiais de consulta foram adaptados a partir das seguintes fontes: Conceptual Physics (2002), Edições Asa (2008), Empresa Pública das Águas Livres de Lisboa (2007), Fundação Calouste Gulbenkian (2008), Lisboa Editora (1996), Ministério da Ciência e da Tecnologia (1999), Panreac Química, S. A. (1998), Plátano Editora (2003, 2005), Porto Editora (1991a, 1991b, 1994) e Projecto Física (1980).

Qualquer uma das seis actividades requer para ser realizada o uso de material corrente em laboratórios de Física e de Química, bem como o uso de materiais de uso comum e diário e a consulta de informação.

#### *Administração das actividades.*

As actividades do estudo foram administradas aos alunos participantes pela investigadora, com a colaboração dos professores envolvidos no estudo, de acordo com as indicações seguintes:

- 1 – Distribuiu-se a cada aluno o guião da actividade e o caderno de registos;
- 2 – Esclareceu-se que a actividade devia ser respondida individualmente, embora a realização das experiências e a discussão fosse feita em grupo;
- 3 – Esclareceu-se que cada grupo não devia interagir com colegas de outros grupos, podendo solicitar a investigadora e o professor sempre que quisesse;
- 4 - Indicou-se a localização dos recursos disponíveis, bem como a possibilidade de acesso a outros que os alunos considerassem necessários para a realização da actividade;

5 – Terminou-se dando aos alunos a instrução de entregar o caderno de registos, decorridos cento e trinta e cinco minutos após o início da actividade.

#### *Correcção e cotação das actividades.*

Corrigiram-se e cotaram-se as respostas dadas nos cadernos de registos às actividades usadas no pré e no pós-teste. Na cotação, utilizou-se o sistema de cotação combinado já descrito anteriormente. Para cada actividade, cotaram-se as respostas dadas por item através da escala analítica. Efectuado este procedimento, cotou-se para cada caderno de registos a qualidade global dos processos e a qualidade global dos produtos com recurso à escala holística. Procedeu-se a uma cotação entre avaliadores para assegurar a fiabilidade da avaliação. Depois, adicionaram-se as pontuações resultantes das cotações efectuadas para os processos com base nas duas escalas, e procedeu-se igualmente para os produtos.

Por fim, somaram-se as pontuações obtidas por cada aluno relativas aos processos e aos produtos obtendo-se assim, para cada aluno participante, a cotação global do desempenho na resolução de problemas.

#### *Índice de discriminação.*

Pretendendo-se confirmar se os itens discriminavam bem entre os sujeitos que desempenharam e os que não desempenharam bem a resolução de problemas no pré e no pós-teste, estimou-se a capacidade discriminante dos itens calculando para cada um o índice de discriminação, tal como a literatura recomenda (Gall et al., 2007; TenBrink, 1974; Tuckman, 2002).

Para calcular o índice de discriminação, definiram-se dois grupos de sujeitos com base nas suas cotações globais: o grupo superior, constituído pelos alunos que apresentaram as cotações globais mais elevadas e o grupo inferior, constituído pelos alunos que apresentaram as cotações globais mais baixas. A literatura descreve vários critérios a considerar para identificar os grupos superior e inferior. Segundo Tuckman (2002), os alunos do grupo superior devem ser os que apresentam cotações no terço elevado das cotações e os do grupo inferior, os que apresentam cotações no terço inferior. Por outro lado, TenBrink (1974) refere que:

A melhor estimativa do índice de discriminação é obtida quando o grupo superior consiste nos alunos com 27% das cotações mais elevadas e o grupo inferior é identificado com 27% dos que tiveram cotações mais baixas no teste em análise. (p. 393)

Assim, relativamente às actividades cotadas, tendo sido desempenhadas pelos cento e trinta e oito sujeitos da amostra, estimou-se em *trinta e sete* o número de alunos para formar cada um dos grupos superior e inferior.

O cálculo do índice de discriminação foi efectuado através da diferença entre a percentagem de alunos com a resposta aceite no grupo superior e a percentagem com resposta aceite no grupo inferior.

Por exemplo, no pré-teste ao item A (1.1) responderam bem vinte e quatro alunos do grupo superior; ou seja, 65% de trinta e sete alunos e quatro alunos do grupo inferior; ou seja 11% de trinta e sete alunos. O índice de discriminação estimado para este item é por isso 54% ou 0.54.

De acordo com TenBrink (1974), itens com índice de discriminação de 0.40 ou superior são geralmente considerados satisfatórios, e itens com índices de discriminação abaixo de 0.20 devem ser excluídos ou revistos. Deste modo, o item A (1.1) do pré-teste discrimina satisfatoriamente. Os restantes itens têm os seguintes índices de discriminação: A (1.2) 0.27; A (1.3) 0.54; B (2.1 e 2.2) 0.86; D 0.32; E 0.57, F 0.32; G 0.03; H 0.19. Assim, exceptuando os itens G e H, que têm pouca capacidade de discriminação, de um modo geral os itens do pré-teste discriminam aceitavelmente. Não foi calculado o índice de discriminação para o item C porque este não pede uma resposta por escrito.

Tendo-se efectuado cálculos idênticos relativamente aos itens do pós-teste, obtiveram-se as seguintes estimativas dos índices de discriminação: A (1.1) 0.43; A (1.2) 0.54; A (1.3) 0.22; B (2.1 e 2.2) 0.24; D 0.49; E 0.05, F 0.73; G 0.11; H 0.19. Assim, exceptuando os itens E, G e H, que têm pouca capacidade de discriminação, os itens do pós-teste em geral discriminam satisfatoriamente.

### *Índice de dificuldade.*

Uma outra indicação da qualidade de um item é o seu grau de dificuldade. Segundo TenBrink (1974), os itens devem ser moderadamente difíceis para se obter uma discriminação máxima. A dificuldade de um item avalia-se em termos do índice de dificuldade; isto é, da percentagem dos indivíduos que deram uma resposta aceite em relação à totalidade de indivíduos que responderam ao item.

Por exemplo no pré-teste, ao item A (1.1) responderam bem sessenta e cinco, dos cento e trinta e oito sujeitos da amostra; ou seja, 47% de cento e trinta e oito alunos. O índice de dificuldade deste item é por isso 0.47. Os índices de dificuldade dos restantes itens são, respectivamente: A (1.2) 0.14; A (1.3) 0.43; B (2.1 e 2.2) 0.36; D 0.59; E 0.45, F 0.45; G 0.04 e H 0.09.

De acordo com Tuckman (2002), índices de dificuldade entre 0.33 e 0.67 indicam que os itens são moderadamente difíceis. Assim, podem considerar-se os itens do pré-teste como moderadamente difíceis com excepção de A (1.2), G e H, que são difíceis.

Relativamente aos itens do pós-teste os índices de dificuldade são, respectivamente: A (1.1) 0.74; A (1.2) 0.43; A (1.3) 0.78; B (2.1 e 2.2) 0.09; D 0.75; E 0.94, F 0.70; G 0.05; H 0.09. Assim, no pós-teste consideram-se os itens B, G e H difíceis, os itens A (1.3) e E fáceis e os itens A (1.1), A (1.2), D e F moderadamente difíceis.

### *3.3.5.1.2 Teste de pensamento crítico.*

Referem-se as razões justificativas para a selecção deste teste e descreve-se, de uma forma geral, a sua constituição. Refere-se o modo como se administrou o teste, a forma de correcção e de cotação.

#### *Razões justificativas da escolha do teste.*

As razões pelas quais se considerou o Teste de Pensamento Crítico de Cornell (Nível X) como o instrumento mais adequado para usar neste estudo foram as seguintes:

- O teste baseia-se na conceptualização de pensamento crítico elaborada por Ennis, que foi a adoptada neste estudo;
- O teste mede capacidades do pensamento crítico de que se necessita para resolver problemas, o que é compatível com as hipóteses deste estudo;
- O teste mede o nível e os aspectos do pensamento crítico, que são variáveis dependentes deste estudo;
- O teste encontra-se validado para alunos do ensino secundário, que é o ciclo de ensino dos sujeitos deste estudo;
- O teste destina-se a um intervalo de idades que compreende as dos sujeitos deste estudo;
- O teste foi validado para a realidade portuguesa por Oliveira (1992), apresentando uma consistência interna considerada elevada (alfa de Cronbach igual a 0.8), o que traduz uma boa fiabilidade;
- Trata-se do único teste de pensamento crítico em língua portuguesa conhecido até ao momento, tornando-se vantajoso em relação a outros testes de pensamento crítico existentes a nível internacional, igualmente fiáveis (Follman, 2003);
- A natureza das questões do teste não possibilita, segundo os seus autores, a aprendizagem por parte dos alunos permitindo, assim, controlar o efeito da testagem;

- O teste possui um conjunto de instruções que facilitam a sua adaptabilidade aos alunos, aquando da sua administração;
- O teste apesar de longo, como demora 55 minutos a ser resolvido por alunos de nível etário correspondente ao dos sujeitos do estudo, permite ser administrado durante uma aula curricular;
- O teste é de fácil e pouco demorada cotação, uma vez que se trata de um teste de escolha múltipla.

#### *Descrição do teste.*

O teste de pensamento crítico de Ennis e Millman (1985) foi construído com a finalidade de avaliar as capacidades de pensamento crítico de um indivíduo ou de um grupo, abrangendo indivíduos desde o quarto ano de escolaridade até aos dois primeiros anos da universidade (ver anexo B). Este teste tem sido amplamente utilizado em experiências educacionais como material de ensino e também como parte de informação a ser utilizada na selecção e admissão a empregos e à frequência de cursos graduados.

A tabela seguinte apresenta as sete categorias incluídas no teste que são consideradas como capacidades ou aspectos do pensamento crítico, bem como a relação entre os aspectos e os itens que os medem.

Como se pode ver nesta tabela o teste abrange, de uma forma explícita, os seguintes aspectos do pensamento crítico: indução, dedução, observação, credibilidade de afirmações feitas por outros e identificação de assumpções. Os autores optaram por não medir o juízo de valores, para evitar que os alunos fossem penalizados ou beneficiados pelo juízo de valor e pela avaliação que pudessem fazer acerca de questões políticas, económicas e sociais. O conhecimento de significados é um aspecto testado indirectamente, pois envolve capacidades relativamente sofisticadas.

As disposições de pensamento crítico, embora incluídas na taxonomia de Ennis (1987), não são testadas deliberadamente na medida em que, segundo os autores, é considerado muito difícil testar disposições de um pensador crítico tais como, tentar estar bem informado e ter abertura de espírito.

Quanto à constituição, o teste inclui setenta e seis itens de escolha múltipla, cada um com três respostas possíveis, sendo apenas uma a que está correcta. Os itens encontram-se distribuídos por quatro partes. Na primeira parte, destinam-se a ajuizar se um determinado facto sustenta ou não uma hipótese. Na segunda, caracterizam a credibilidade das observações que se encontram

relatadas. Na terceira, medem a capacidade de dedução dos alunos e na quarta, testam as assumpções num argumento.

Tabela 11

*Aspectos do Pensamento Crítico Incorporados no Nível X e Respectivos Itens que os Avaliam*

Aspectos do Pensamento Crítico	Itens do Nível X
Indução	3-25, 48, 50
Credibilidade	27-50
Observação	27-50
Dedução	52-65, 67-76
Assumpções	67-76
Avaliação (juízo de valores)	Não é testado
Significados	É testado implicitamente

*Nota.* De *Cornell Critical Thinking Test – Level X e Level Z: Manual* (p. 2), por R. H. Ennis, J. Millman e T. N. Tomko, 1985, Pacific Grove, CA: Midwest Publications.

Alguns dos itens servem para testar simultaneamente mais do que um aspecto, como é o caso dos itens 48 e 50, que testam a observação, a credibilidade e a indução. Deste modo, existem algumas interdependências entre os itens que caracterizam os diferentes aspectos do pensamento crítico.

#### *Administração do teste.*

A administração do teste aos sujeitos participantes foi feita pela investigadora de acordo com as instruções específicas para o nível X inscritas no manual de Ennis, Millman, e Tomko (1985). Resumidamente, estas instruções (ver anexo C) consistem em:

- 1 - Distribuir a cada aluno o livrete do teste e uma folha de respostas;
- 2 - Especificar que o teste deve ser respondido usando um lápis nº 2, para facilitar a correcção mecânica;
- 3 - Orientar oralmente os alunos antes da realização do teste, terminando com a instrução para parar decorridos 55 minutos após o início do teste.

### *Correcção e cotação do teste.*

Depois preenchidas pelos alunos, as folhas de respostas do teste (ver anexo D) foram cotadas. Utilizou-se uma chave reproduzida num acetato perfurado nos locais correspondentes à numeração dos itens. Através da sobreposição entre o acetato e a folha de respostas correspondente, foi possível assinalar facilmente, de uma forma rápida e segura, as respostas incorrectas e contabilizá-las.

Apesar de se ter pedido aos alunos que realizaram o teste para não responderem ao acaso, o teste foi cotado de forma a introduzir um efeito de correcção em relação às possíveis respostas dadas ao acaso. Isto significa que, de acordo com as recomendações dos autores, se subtraía ao número total de respostas correctas metade do número de respostas incorrectas.

### *3.3.5.1.3 Questionários.*

Referem-se nesta secção as finalidades dos questionários e a concepção de cada um deles. Descreve-se, de uma forma geral, a sua constituição e o modo como se administraram.

#### *Nível Educacional dos Pais.*

Concebeu-se o questionário *Nível Educacional dos Pais* com a finalidade de colher dados sobre o nível educacional do pai e da mãe de cada aluno (apêndice L).

Este questionário é constituído por uma listagem de cinco níveis educacionais, do *1º ciclo do ensino básico* ao *12º ano completo*, a fim dos alunos seleccionarem uma alternativa para a mãe e outra, para o pai. Para evitar limitar as respostas às opções da listagem, criou-se uma sexta opção com espaço para preencher, para permitir referir possíveis níveis educacionais para além dos mencionados. Incluiu-se no questionário um campo para colher dados sobre a idade, sexo, escola e turma de cada aluno. O questionário é de resposta fácil e rápida, tendo sido administrado pelos professores envolvidos no estudo aos respectivos alunos em aulas que precederam a intervenção.

#### *Práticas docentes.*

O questionário *Práticas Docentes* concebeu-se com a finalidade de caracterizar as práticas docentes de cada um dos professores envolvidos no estudo acerca da natureza dos trabalhos que costumavam propôr em sala de aula.



Este questionário foi adaptado a partir de um outro, desenvolvido numa investigação anterior (Vieira, 1999) para caracterizar práticas docentes de professores de ciências relativamente ao ensino do pensamento crítico.

Uma vez que o questionário original abrange aspectos directamente relacionados com o ensino da resolução de problemas, pareceu-nos pertinente adaptá-lo para esta investigação. Para além disso, o questionário original havia sido formulado com base no quadro teórico de Ennis, de modo que ajustar este instrumento às finalidades deste estudo foi uma forma de nos mantermos no quadro conceptual adoptado.

O questionário assim adaptado é constituído por 26 itens, sendo alguns deles concebidos a partir de indicadores encontrados na literatura quer relativos ao uso em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real, quer relativos ao uso de exercícios académicos, tradicionais (ver apêndice M). Na concepção do questionário tomaram-se por base três dimensões, já referidas anteriormente: Uso de materiais curriculares para promover o uso de capacidades de pensamento crítico inerentes à resolução de problemas (MC), Implementação de actividades laboratoriais (AL) e Estratégias de ensino de aproximação a problemas da vida real usadas na implementação de actividades laboratoriais (EE). Os itens de 1 a 6 incluem-se na dimensão MC. O item 7 e os itens de 9 a 11 incluem-se na dimensão AL. Os itens de 8i) a 8 xvi) dizem respeito à dimensão EE.

Cuidou-se de apresentar os itens de forma clara, objectiva, formulados na positiva, na primeira pessoa do singular e sequenciados de forma lógica. Para além destes aspectos cuidou-se, ainda, de escrever os itens de modo a que se tornassem inteligíveis, possuíssem um significado único e não sugerissem a existência de respostas desejáveis.

Como forma de responder, adaptou-se a escala original de classificação, que incluía cinco termos, para quatro termos, sendo 1 (*Poucas vezes*), 2 (*Algumas vezes*), 3 (*Muitas vezes*) e 4 (*Quase sempre*). Cada termo da escala indica hábitos de utilização em sala de aula quer de actividades com a natureza de problemas da vida real, quer de exercícios académicos.

A redução dos cinco termos originais para quatro ficou a dever-se ao facto de se ter considerado o quinto termo da escala original, *Quase nunca*, como uma redundância do termo *Poucas vezes*. Para além disso, a razão das escalas numéricas serem geralmente divididas em cinco termos (Kubiszin e Borich, 2000) é a necessidade de identificar um termo neutro entre os dois extremos (TenBrink, 1974). Ora neste caso, tinha-se mais interesse em descrever termos próximos dos extremos do que de um ponto neutro, visto pretender-se conhecer a predominância de hábitos do uso de actividades em sala de aula quanto à sua natureza.

Para se proceder à cotação dos questionários, atribuiu-se um peso a cada termo da escala. Nos itens indicadores do uso em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida

real atribuiu-se a cada termo da escala um valor coincidente com a chave: *Poucas vezes=1*, *Algumas vezes=2*, *Muitas vezes=3* e *Quase sempre=4*. Por outro lado, nos itens indicadores do uso em sala de aula de exercícios académicos atribuiu-se a cada termo da escala um valor invertido em relação à chave anterior; ou seja: *Poucas vezes=4*, *Algumas vezes=3*, *Muitas vezes=2* e *Quase sempre=1*. Tomou-se esta decisão porque, se um indicador traduz o uso pouco habitual em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real (*Poucas vezes=1*), então traduzirá também o uso habitual em sala de aula de exercícios académicos (*Quase sempre=1*).

Somando os valores respeitantes às respostas a cada termo da escala é obtida a cotação total no questionário. Se esta fôr alta, indica que os professores declaram usar em sala de aula quase sempre actividades com a natureza de problemas da vida real; se fôr baixa, indica que os professores declaram usar em sala de aula poucas vezes actividades com a natureza de problemas da vida real ou que, quase sempre, usam exercícios académicos.

No questionário incluiu-se, também, uma introdução com a indicação dos objectivos, as orientações gerais e ainda no final, um campo para preenchimento de dados pessoais e profissionais.

Na administração do questionário, salvaguardou-se que cada professor respondesse na presença da investigadora em sessão única e exclusiva, para evitar eventuais influências nas respostas. Para além desta condição, seguiram-se as instruções de Vieira (1999) dadas para a administração do questionário: “(...) iluminação adequada da sala, posse de um lápis ou caneta, não existência de barulho no interior e no exterior (...)” (p. 254).

Entregou-se uma cópia do questionário a cada professor e solicitou-se-lhe que lesse a primeira página. Feita esta leitura, sublinhou-se a relevância da colaboração e cooperação, tendo-se também salientado a importância da honestidade das respostas, que deveriam traduzir aquilo que efectivamente era feito nas aulas. Esclareceu-se que as respostas não seriam alvo de juízos de valor, assegurou-se a confidencialidade dos resultados e o anonimato.

Por fim, solicitou-se o preenchimento do questionário, dando a indicação de que não havia tempo limite para o fazer.

### *Trabalhos habituais nas aulas de Física e Química.*

Pretendendo-se conhecer a opinião dos alunos em termos da natureza dos trabalhos que realizavam habitualmente nas aulas de Física e Química, concebeu-se o questionário *Trabalhos Habituais nas Aulas de Física e Química*.

Este questionário (apêndice N) é constituído por 19 itens elaborados a partir de indicadores encontrados na literatura que traduzem a realização em sala de aula quer de actividades com a natureza de problemas da vida real, quer de exercícios académicos. Os itens foram construídos

tendo por base as mesmas dimensões do questionário descrito na secção anterior. O item vii) inclui-se na dimensão MC. Os itens xviii) e xix) incluem-se na dimensão AL. Os itens de i) a vi) e de viii) a xvii) incluem-se na dimensão EE.

Como forma de responder, construiu-se uma escala de classificação de quatro termos. Cada termo da escala varia desde 1 (*Poucas vezes*), 2 (*Algumas vezes*), 3 (*Muitas vezes*) até 4 (*Quase sempre*), indicando hábitos da realização em sala de aula quer de actividades com a natureza de problemas da vida real, quer de exercícios académicos.

Dado o número elevado de alunos participantes, decidiu-se contar o número de respostas assinaladas por cada termo da escala para cada dimensão em vez de somar os valores associados a cada termo da escala. Depois, calcularam-se as percentagens de respostas assinaladas em cada termo da escala por dimensão e por turma.

Para os itens indicadores de hábitos de realização em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real, somou-se o número de respostas assinaladas por termo de acordo com a chave: *Poucas vezes=1*, *Algumas vezes=2*, *Muitas vezes=3* e *Quase sempre=4*. Para os itens indicadores de hábitos de realização em sala de aula de exercícios académicos, somou-se o número de respostas assinaladas por termo, mas usando a chave invertida: *Poucas vezes=4*, *Algumas vezes=3*, *Muitas vezes=2* e *Quase sempre=1*. Tomou-se esta decisão mais uma vez porque, respostas assinalando poucos hábitos de realização em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real (*Poucas vezes=1*), traduzem também muitos hábitos de resolução em sala de aula de exercícios académicos (*Quase sempre=1*).

Somando o número de respostas assinaladas por cada termo da escala e calculando a percentagem em relação ao número de alunos que responderam, se as percentagens de respostas que assinalam o termo 4 forem elevadas, significa que os alunos declararam realizar em sala de aula quase sempre actividades com a natureza de problemas da vida real. Se forem elevadas as percentagens de respostas que assinalam o termo 1, significa que os alunos declararam realizar em sala de aula poucas vezes actividades com a natureza de problemas da vida real ou que, quase sempre, resolvem exercícios académicos.

Neste questionário incluiu-se, ainda, um campo para colher informações sobre a identificação da escola, bem como uma introdução com a indicação dos objectivos gerais da investigação e com as orientações do preenchimento.

De mencionar que se assegurou que cada aluno respondesse em sessão única, em sala de aula e na presença da investigadora, para evitar eventuais influências nas respostas.

Na administração do questionário, distribuiu-se uma cópia a cada aluno e solicitou-se-lhe que lesse a introdução. Após esta leitura, esclareceu-se que as respostas não seriam alvo de juízos de valor e assegurou-se o anonimato e a confidencialidade dos resultados.

Por fim, solicitou-se o preenchimento do questionário, referindo-se a importância da sinceridade das respostas.

### *Opinião sobre a actividade.*

Foi concebido o questionário *Opinião sobre a actividade* com a finalidade de colher a opinião dos professores acerca das actividades usadas neste estudo.

O questionário é constituído por oito itens (ver apêndice I). Pretendendo-se conhecer a opinião dos professores acerca da adequação de cada actividade ao décimo ano de escolaridade, o primeiro item tem uma forma categórica de responder com dois termos: *sim/não*. Para se averiguar a opinião dos professores sobre o grau de dificuldade de cada actividade, o segundo item tem como forma de responder uma escala de três termos: 1 (*Baixo*), 2 (*Médio*) e 3 (*Alto*). Para que cada professor classificasse cada uma das actividades quanto ao grau de semelhança com trabalhos realizados nas aulas, o terceiro item tem como forma de responder uma escala de quatro termos: 1 (*Nenhuma*), 2 (*Pouca*), 3 (*Alguma*), e 4 (*Muita*).

O questionário inclui ainda cinco itens de resposta aberta, concebidos para se obter informação elaborada sobre os aspectos das actividades do estudo que foram considerados como semelhanças ou como não semelhanças em relação aos trabalhos realizados nas aulas. Segundo Tuckman (2002) este tipo de itens permite escolher livremente a forma de responder, tornando-se adequados para colher comentários e críticas, tal como se pretendia.

### *O que achaste da actividade?*

Este questionário foi concebido com a finalidade de colher a opinião dos alunos acerca das actividades usadas neste estudo. Nesta fase, já não se pretendiam colher dados sobre as dificuldades sentidas na compreensão das questões, que já haviam sido identificadas e ultrapassadas durante a pilotagem. Assim, incluíram-se neste questionário seis itens (ver apêndice O), sendo cinco de resposta aberta para recolher as críticas dos alunos às actividades usadas neste estudo e também para explorar as semelhanças e as não semelhanças por eles apontadas entre as actividades usadas neste estudo e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas. Para obter a opinião dos alunos acerca do grau de semelhança entre as actividades usadas neste estudo e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas, incluiu-se neste questionário um item com uma escala de quatro termos: 1 (*Nenhuma*), 2 (*Pouca*), 3 (*Alguma*), e 4 (*Muita*).

Incluiu-se, ainda, um campo para identificação do aluno, da escola e da actividade realizada, bem como uma introdução com a indicação da finalidade do estudo, salientando-se a importância da sinceridade das respostas e agradecendo-se a colaboração prestada.

*Análise dos itens de resposta aberta dos questionários “Opinião sobre a actividade” e “O que achaste da actividade?”.*

Em cada um dos questionários *Opinião sobre a Actividade* e *O que Achaste da Actividade?* trataram-se os dados provenientes das respostas aos itens de resposta aberta através de uma análise de conteúdo. Depois de reconhecidas as unidades de análise, destacaram-se certas palavras, frases, comentários e argumentos que se agruparam formando categorias de codificação, de modo a organizar os dados colhidos e a facilitar a sua leitura em termos das semelhanças e das não semelhanças apontadas entre as actividades usadas neste estudo e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas.

#### *3.3.5.1.4 Taxonomia de Ennis.*

Pretendendo-se assegurar a validade das inferências feitas acerca do desempenho na resolução de problemas dos sujeitos da amostra, para além de avaliar as respostas escritas às actividades do pré e do pós-teste, identificaram-se as capacidades de pensamento crítico usadas por alguns dos sujeitos da amostra enquanto desempenhavam estas actividades.

Com a finalidade de identificar as capacidades de pensamento crítico usadas pelos alunos durante a realização do pré e do pós-teste, adoptou-se a taxonomia de Ennis (1987) como grelha para a análise de conteúdo das gravações áudio das interacções entre os sujeitos da amostra, enquanto trabalhavam em pequeno grupo.

A opção pela taxonomia do pensamento crítico de Ennis para identificar as capacidades do pensamento crítico ficou a dever-se ao facto desta fazer parte da conceptualização do pensamento crítico adoptada neste estudo. Para além disso, usou-se como instrumento para medir o nível do pensamento crítico dos sujeitos do estudo o teste de pensamento crítico de Cornell (Nível X), o qual faz parte integrante do quadro teórico de Ennis. Deste modo, os vários instrumentos de recolha de dados acerca do pensamento crítico dos sujeitos deste estudo integram-se no mesmo quadro conceptual.

Uma outra razão para ter optado pela taxonomia de Ennis é o facto desta compreender cinco áreas básicas e doze capacidades de pensamento crítico todas relacionadas com o desempenho na resolução de problemas, mas especialmente, segundo Ennis (1987), a área básica das estratégias e

táticas e as duas capacidades integradas nessa área, *decidir uma acção e interactuar com outros*. Desejando-se, nesta investigação, avaliar o desempenho na resolução de problemas traduzido nos processos que usam e nos produtos que constroem, então torna-se forçoso identificar que capacidades de pensamento crítico são usadas pelos alunos durante o desempenho das actividades.

### **3.4 Implementação do Programa de Intervenção**

Faz-se nesta secção uma descrição das diversas fases de implementação do programa de intervenção, incluindo os procedimentos seguidos em cada uma das fases.

#### **3.4.1 Primeiros contactos.**

No primeiro trimestre do ano lectivo de 2008/2009, antes do início das aulas, a investigadora deslocou-se a sete escolas da zona da Grande Lisboa para fazer o levantamento do nível educacional dos pais dos alunos, estabelecer o primeiro contacto com os professores de Física e Química e pedir a sua colaboração para o estudo.

Foi também necessário pedir, em cada escola, as autorizações a nível institucional para conduzir a investigação. Com esta finalidade, para além de se terem contactado os conselhos executivos, a pedido de duas das escolas contactadas, elaborou-se um projecto que foi submetido à apreciação dos respectivos conselhos pedagógicos.

Como resultado destes contactos, três escolas autorizaram que o estudo tivesse lugar e que o programa de intervenção fosse implementado. A investigadora iniciou, então, uma série de contactos com os professores que tinham aceitado colaborar no trabalho. As finalidades destes contactos foram: informar concretamente os professores sobre o que é que se pretendia com o estudo, administrar-lhes o questionário que permitiu caracterizar as suas práticas docentes e pedir-lhes que administrassem, aos seus alunos do décimo ano das turmas de Física e Química A, o questionário que permitiu colher dados acerca do nível educacional dos pais.

Depois de tratados e analisados os dados provenientes destes questionários, organizou-se a constituição dos grupos experimental e de controlo. Deu-se a conhecer aos professores das turmas que iriam funcionar como grupo experimental o programa de intervenção e pediu-se-lhes colaboração na sua administração.

Seguidamente, iniciou-se uma fase de realização de diversas reuniões entre os professores das turmas do grupo experimental e a investigadora. Pretendendo-se que os docentes se envolvessem na administração do programa de intervenção e em particular, que se apropriassem de práticas centradas na resolução de problemas planeou-se, de acordo com a sua calendarização das

aulas, a frequência e a sequência de administração das actividades usadas neste estudo, bem como a organização de uma sessão por parte da investigadora de *feedback* aos alunos do grupo experimental sobre o seu desempenho nas duas primeiras actividades do programa de intervenção. Fez-se, também em conjunto com estes professores, o levantamento dos equipamentos de cada escola que iria ser possível usar na implementação do programa de intervenção.

Foi necessário assegurar a autorização dos conselhos executivos para transportar para as escolas materiais específicos requeridos pelas actividades usadas neste estudo ou equipamentos nem sempre existentes em quantidade suficiente, bem como a permissão de acesso livre a algumas salas de aula, com a finalidade de preparar com antecedência algumas das actividades usadas neste estudo.

Ainda, pediu-se autorização aos professores envolvidos no estudo para, duas semanas antes de iniciar o tratamento, ir a uma aula de cada turma de alunos participantes apresentar-lhes os gravadores e explicar-lhes a finalidade das gravações, bem como o seu modo de funcionamento.

### **3.4.2 Critérios para a implementação do programa de intervenção.**

Constatou-se no final do estudo piloto que as actividades usadas nesta investigação cumpriam os critérios estabelecidos quanto à sua natureza, atendendo às finalidades do estudo.

Assegurou-se que a sequência de administração das actividades do programa de intervenção fosse única e idêntica para todos os sujeitos participantes. Isto, porque vários estudos têm mostrado que a administração de actividades de resolução de problemas, segundo sequências diferentes, conduz ao uso de processos diferentes, afectando os resultados da avaliação do desempenho (Solano-Flores et al., 1999; Solano-Flores et al., 2001).

Assegurou-se, também, que as actividades usadas neste estudo se enquadrassem nos temas curriculares planeados pelos professores. O cumprimento deste critério contribuiu para evitar disrupções que, de acordo com a literatura, podem eventualmente ser causadas no curso habitual das aulas ao implementar investigações autênticas em sala de aula.

De modo a assegurar que o programa de intervenção promovesse nos alunos o desempenho na resolução de problemas, com base nos dados colhidos durante a pilotagem das actividades, antes de implementar o programa de intervenção recomendou-se aos professores que:

- Responderem a solicitações dos alunos tais como:
  - Clarificar conceitos científicos e definições,
  - Ajudar a manusear equipamento eventualmente não familiar,
  - Disponibilizar manuais escolares ou outras fontes acessíveis e equipamento ou material necessário no momento.

- Evitassem fornecer pistas sobre o método ou métodos a usar para procurar uma solução, procurando:

- Não distribuir no início da aula, por grupo, o material necessário à realização das actividades; deixar antes os alunos decidir e escolher livremente, de entre o material disponível numa bancada comum e na própria sala de aula, o que iriam necessitar para conduzir o estudo,
- Não fazer avisos nem dar indicações gerais em voz alta para a turma porque, não só iria prejudicar a qualidade das gravações áudio, como poderia induzir alguns grupos a optarem por usar determinados métodos de resolução que, à partida, não tinham planeado,
- Evitar interacções entre alunos de grupos diferentes,
- Encorajar a cooperação, a comunicação e a partilha de tarefas entre pares dentro de cada grupo.

Uma vez que os alunos trabalharam em pequeno grupo enquanto realizavam as actividades usadas neste estudo, o comportamento de cada elemento poderia constituir uma fonte de influência sobre os restantes, pondo em risco o cumprimento da assumpção da independência das observações das variáveis dependentes, em particular, do desempenho na resolução de problemas.

Uma vez que esta assumpção é requerida para poder comparar grupos através de testes estatísticos paramétricos, antes da implementação do programa de intervenção tomaram-se duas medidas:

- Esclareceram-se os alunos que, embora fossem trabalhar em grupo, cabia a cada um a responsabilidade de preencher o seu caderno de registos à medida que fosse desempenhando a actividade, devendo evitar acumular dados ou observações para registar no final, sob a pena de não o poder fazer com validade e/ou de não dispor de tempo suficiente para os poder registar;
- Solicitou-se que os cadernos de registos fossem entregues individualmente por cada aluno no final da realização de cada actividade, em sessão única.

Acautelou-se assim, que as respostas nos cadernos de registos resultaram da elaboração individual de cada aluno, tendo-se oferecido uma maior garantia da independência das observações.

Tendo alguns dos professores manifestado a vontade de explorar, em aulas posteriores, os dados colhidos por via experimental nas actividades usadas neste estudo, deu-se o assentimento para explorarem os dados das actividades que entendessem. A adopção desta prática por parte dos



docentes veio de encontro a uma das funções que as actividades que avaliam o desempenho devem ter: a avaliação formativa (Alberts et al., 1986, Kubiszin e Borich, 2000; Solano-Flores e Shavelson, 1997).

Por outro lado, alguns dos professores manifestaram o desejo de usar os dados provenientes dos cadernos de registos respeitantes aos itens: D- *descrever os procedimentos realizados*, E- *registar os dados colhidos nomeadamente as observações efectuadas* e F- *organizar os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade* na avaliação sumativa dos alunos. Não sendo comum incluir aspectos como estes na avaliação sumativa (Alberts et al., 1986), considerou-se que esta prática poderia ser benéfica para o processo de ensino-aprendizagem, pelo que se assentiu que os professores usassem as respostas escritas dos cadernos de registos que entendessem na avaliação sumativa.

### 3.4.3 Operacionalização do programa de intervenção.

As actividades do programa de intervenção foram administradas nas aulas da disciplina *Física e Química A*, em situações habituais de ensino.

Implementou-se o programa de intervenção durante nove semanas. Este período de tempo corresponde quase a um semestre académico, que é considerado por autores como Lipman (1987), Sternberg (1987) e Swartz et al. (1998) como o tempo necessário para que uma intervenção se torne significativa em termos da promoção de capacidades de pensamento de ordem superior.

Antes de iniciar a implementação do programa de intervenção, a investigadora pediu aos professores dos sujeitos do grupo experimental que se pronunciassem sobre qual seria a melhor sequência para administrar as actividades que iam servir como tratamento. Tendo os professores apresentado diferentes propostas, foi necessário encontrar uma sequência consensual. Todos tinham concordado com o critério de as actividades serem administradas em função das planificações curriculares, já mencionado anteriormente. Assim, após algumas discussões sobre as propostas de cada professor, foi aceite unanimemente a seguinte sequência de administração das actividades do programa de intervenção: 1º - Procura de água potável, 2º- Produção de energia eléctrica, 3º- Bancada de trabalho e 4º- Decidir telhas.

A administração do tratamento teve início na terceira semana de Março e terminou na segunda de Junho o que correspondeu, para o grupo experimental, ao desempenho de quatro actividades com a natureza de problemas da vida real e a uma sessão de feedback ao longo de nove semanas.

Em cada uma das quatro turmas do grupo experimental, as sessões de feedback tiveram a duração de uma hora. Em cada sessão entregaram-se aos alunos, distribuídos pelos seus grupos de

trabalho, três cópias de cadernos de registos de colegas de outra escola, não identificados, com as respostas dadas às primeiras duas actividades do programa de intervenção. Optou-se por não se discutir em cada turma as respostas dos próprios alunos ou de colegas conhecidos, para que não sentissem que estavam a ser alvo de críticas por parte da investigadora e também para que não receassem ser prejudicados na avaliação da disciplina curricular *Física e Química A*, pois o que se pretendia era que tomassem consciência do modo de construir os argumentos e as explicações respeitantes aos processos e produtos requeridos nas actividades. Assim, pediu-se a cada grupo de alunos que lesse as respostas dos colegas e se pronunciassem sobre qual seria a *melhor*, a *média* e a *pior*. Com base nesta apreciação dos alunos, promoveu-se na aula a discussão e a análise crítica das respostas, tendo-se esclarecido dúvidas sobre os processos e os produtos pretendidos.

Deste modo, ao longo da intervenção, os sujeitos do grupo experimental realizaram quatro actividades com a natureza de problemas da vida real e receberam feed-back sobre o desempenho na resolução de problemas, enquanto que os sujeitos do grupo de controlo resolveram exercícios, recebendo o ensino nos moldes habituais por parte dos seus professores.

A investigadora fez observação participante durante as aulas em que decorreu a intervenção. Isto é, durante as aulas interagiu com os alunos respondendo às suas solicitações, esclarecendo dúvidas e corrigindo procedimentos e no final de cada aula da intervenção tomou notas sobre questões, dúvidas e comportamentos dos alunos e sobre dúvidas e comentários informais feitos pelos professores.

No final da realização de cada actividade da intervenção, alunos e professores pronunciaram-se por escrito sobre a actividade realizada nos questionários elaborados para o efeito e já descritos anteriormente.

#### **3.4.4 Pré e pós-testagem.**

De acordo com o desenho de investigação adoptado, administrou-se um pré e um pós-teste para caracterizar os sujeitos participantes quanto a cada uma das variáveis dependentes do estudo antes e após a implementação do programa de intervenção.

Assim, antes de iniciar a intervenção administrou-se o teste de pensamento crítico de Cornell (Nível X) à totalidade dos sujeitos participantes no estudo. De forma a não comprometer a validade interna, fizeram-se esforços para que a pré-testagem ocorresse no menor período de tempo possível.

Assim, solicitou-se a alguns professores de outras disciplinas a troca de aulas, tendo a administração do teste decorrido entre a terceira semana de Dezembro de 2008 e a primeira de Janeiro de 2009. O teste foi administrado em aulas curriculares de noventa minutos, já que este

tempo era mais do que suficiente para serem dadas aos alunos as instruções orais e para a realização do teste, como já se referiu anteriormente.

Em cada sessão de administração do teste de pensamento crítico colheram-se de novo dados acerca do nível educacional dos pais dos alunos participantes, para confirmação da informação prévia obtida no questionário *Nível Educacional dos Pais*. Recorreu-se ao próprio teste como suporte para colher estes dados, tendo-se incluído no campo de identificação do aluno um espaço para este efeito.

Também nesta ocasião, administrou-se aos alunos o questionário *Trabalhos Habituais nas Aulas de Física e Química*, para conhecer a sua opinião relativamente à natureza das actividades que realizavam habitualmente nas aulas. Tal como já se referiu anteriormente, a opinião de alunos e professores quanto à natureza das actividades realizadas habitualmente nas aulas constituiu um dos critérios para a formação dos grupos experimental e de controlo.

Finalizada a implementação do programa de intervenção, entre a terceira semana de Maio e a segunda de Junho de 2009, foi administrado de novo o teste de pensamento crítico. A pós-testagem decorreu em moldes idênticos aos da pré-testagem. Utilizou-se o mesmo teste pois, como já se referiu anteriormente, a natureza das questões do teste permite controlar o efeito da testagem.

Em cada sessão da administração do pós-teste, colheram-se pela terceira vez os dados acerca do nível educacional dos pais dos sujeitos participantes, para reconfirmação. Nesta ocasião, no final da realização do teste entrevistaram-se informalmente alguns dos alunos, para esclarecer omissões ou respostas pouco claras sobre o nível educacional dos pais.

Para avaliar os alunos antes e após a intervenção quanto ao desempenho na resolução de problemas, usaram-se duas actividades de investigação autêntica não integradas concebidas propositadamente para este efeito, como já se referiu anteriormente; no pré-teste, administrou-se a actividade *Propriedades físicas de materiais* e no pós-teste, administrou-se a actividade *Absorção de radiação*.

Apesar de, em diversos estudos, ser usada a mesma actividade para avaliar o desempenho na resolução de problemas no pré e no pós-teste (Senocak, Taskesenligil, e Sozbilir 2007; Vieira, 2007), tomou-se a decisão de administrar actividades equivalentes, mas diferentes, para evitar que os resultados no pós-teste pudessem ser imputados à experiência da realização do pré-teste, em vez de serem atribuídos ao programa de intervenção.

O tempo necessário para realizar as actividades de investigação autêntica do pré e do pós-teste foi o mesmo, cento e trinta e cinco minutos cada uma. Esta duração é idêntica à necessária para realizar as actividades que serviram como tratamento. Este requisito é compatível com o pressuposto de vários autores de que, para garantir uma fiabilidade razoável na avaliação do

desempenho, as actividades desempenhadas pelo indivíduo devem ter uma duração de, pelo menos, cento e vinte a cento e cinquenta minutos.

Para não comprometer a validade interna, tentou-se administrar o pré e o pós-teste à totalidade dos sujeitos participantes no menor período de tempo possível. Apesar dos esforços desenvolvidos, por razões relacionadas com o calendário escolar e com a sobreposição de horários, a administração do pré-teste acabou por decorrer entre a segunda semana de Março e a primeira de Maio de 2009. O pós-teste foi administrado entre a primeira semana de Maio e a segunda de Junho de 2009.

No final da realização das actividades do pré e do pós-teste, alunos e professores pronunciaram-se por escrito sobre as actividades realizadas, respondendo aos itens dos questionários elaborados para o efeito e já descritos anteriormente.

### **3.5 Análise estatística.**

Os testes estatísticos usados no estudo foram efectuados com recurso ao programa SPSS para PC, versão 17.

Na primeira fase, examinaram-se os dados colhidos em bruto através de uma análise preliminar de dados. O passo seguinte foi explorar a natureza das distribuições das variáveis contínuas dependentes: o desempenho na resolução de problemas e o nível e os aspectos do pensamento crítico. Para se tomar decisões acerca dos testes estatísticos a usar para testar as seis hipóteses da investigação, era necessário estudar as distribuições destas variáveis e verificar se cumpriam as assumções da normalidade das distribuições e da homogeneidade da variância nos grupos considerados na amostra. Foi feita, também, uma pesquisa de *outliers* através do programa estatístico utilizado.

Feita a análise preliminar dos dados e estudadas as distribuições das variáveis dependentes, averiguou-se em primeiro lugar se os grupos considerados na amostra eram inicialmente equivalentes quanto às variáveis dependentes. Como se mencionou anteriormente, era necessário averiguar se existiam diferenças iniciais estatisticamente significativas entre os grupos, de modo a poder controlar essas diferenças e a atribuir, com mais confiança, diferenças observadas no pós-teste ao tratamento (Gall et al., 2007). Assim, testou-se a equivalência inicial entre os grupos experimental e de controlo quanto às variáveis dependentes através de *t* testes de amostras independentes, bem como entre os sujeitos destes grupos com pais de nível educacional alto e baixo com recurso à análise univariada *One-way ANOVA*.

Controlaram-se estatisticamente as diferenças iniciais entre grupos, tendo-se testado as diferenças no final da intervenção com recurso à análise *One-way ANCOVA*. Foi possível efectuar

esta análise pois, de acordo com as recomendações de Pallant (2003), as covariáveis haviam sido medidas com fiabilidade: os instrumentos de medição concebidos e elaborados neste estudo que avaliam o desempenho na resolução de problemas foram pilotados conforme se descreveu anteriormente até se assegurar que as questões eram claras, apropriadas e objectivas para alunos da faixa etária e nível de escolaridade dos sujeitos da amostra. O instrumento que avalia o nível de pensamento crítico está validado para alunos portugueses na faixa etária dos sujeitos da amostra e apresenta uma fiabilidade elevada, tal como já se referiu anteriormente.

Tratando-se esta investigação de um estudo exploratório, para ajuizar se os resultados obtidos são estatisticamente significativos considerou-se, com base na literatura, o nível de significância 0.10 como critério embora o nível de significância geralmente aceite em investigação educacional seja 0.05.

De facto, de acordo com vários autores (Gall et al., 2007; Pallant, 2003), uma forma de compensar a diminuição da potência dos testes estatísticos causada por se trabalhar com amostras pequenas é ajustar o valor de alfa para 0.10.

Assim, neste estudo apontam-se diferenças entre grupos com a possibilidade de 10 em 100, em vez de 5 em 100, de se afirmar que os grupos diferem estatisticamente, muito embora a evidência estatística não o justifique. Contudo, tal como afirmam Gall et al. (2007):

(...) alguns investigadores julgam que é permissível considerar  $p$  ao nível 0.10 em estudos exploratórios a fim de aumentar a potência estatística. Um valor de  $p$  de 0.10 aumenta o risco de cometer o erro do tipo I, mas pode lançar luz sobre uma diferença, relação ou efeito potencialmente importante que poderia ser ignorado se fosse estabelecido um valor de  $p$  mais baixo. (p. 143)

Assim, a decisão tomada neste estudo quanto ao valor de alfa embora aumente o risco de cometermos o erro do tipo I, oferece a vantagem de se poderem revelar e discutir potenciais efeitos que iriam ser desprezados no caso de se trabalhar com o valor convencional.

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS**

Neste capítulo estrutura-se a apresentação dos resultados em duas partes. Na primeira, relatam-se aos resultados obtidos no estudo piloto; na segunda, dá-se conta dos resultados obtidos no estudo principal.

#### **4.1 Estudo Piloto**

Finalizada a triangulação dos dados provenientes das respostas de alunos e dos respectivos professores em relação à quarta versão quer do programa de intervenção, quer das propostas de pré-teste e de pós-teste, deu-se conta que esta versão já cumpria os critérios referidos no capítulo 3, que se haviam estabelecido para a natureza das actividades a implementar no estudo principal.

Daí, decidiu-se privilegiar nesta secção a apresentação desses dados, que permitiram tomar a decisão de considerar que a versão das actividades, do pré-teste e do pós-teste agora conseguida reunia as condições para ser implementada no estudo principal.

##### **4.1.1 Opinião dos alunos sobre a quarta versão do pré-teste, do pós-teste e do programa de intervenção.**

Em relação à quarta versão de cada uma das actividades do programa de intervenção, do pré-teste e do pós-teste, cerca de trinta alunos responderam ao questionário *O que Achaste da Actividade?* (apêndice H).

As respostas mostraram que os itens das actividades concebidas para o estudo principal foram claramente compreendidos pelos alunos, na medida em que conseguiram parafrasear correctamente o que lhes era solicitado em cada um dos itens. O questionário acabado de referir

permitiu, também, colher a opinião dos alunos acerca do grau de semelhança entre o programa de intervenção, o pré-teste, o pós-teste e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas de Física e Química.

As seis actividades concebidas para o estudo principal são: Propriedades físicas de materiais (PF), Absorção de radiação (AR), Procura de água potável (AP), Produção de energia eléctrica (EL), Escolha de bancada de trabalho (BT) e Decidir telhas (DT), que passarão daqui em diante a ser designadas pelas siglas indicadas entre parêntesis para cada uma delas.

A tabela seguinte resume as respostas dadas pelos alunos acerca do grau de semelhança que encontraram entre as actividades concebidas para o estudo principal e os trabalhos habitualmente realizados nas aulas.

Com base nos valores expressos nesta tabela, pode notar-se que um maior número de alunos considerou as actividades concebidas como tendo *alguma semelhança* em relação aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas. No entanto, em relação às actividades EL e BT, os alunos dividiram-se entre considerá-las *pouco semelhantes* ou com alguma semelhança em relação aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas. Pode ainda observar-se que as actividades concebidas para o estudo principal foram consideradas por poucos alunos quer como *nada semelhantes*, quer como *muito semelhantes*.

Na análise de conteúdo efectuada às respostas dos alunos, os aspectos referidos como semelhantes aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas foram agrupados em seis categorias: *Elaboração de relatório, Procedimentos usados, Regras de segurança, Tema, Tipo de material e Outros*.

Tabela 12

*Frequências das Respostas dos Alunos sobre o Grau de Semelhança entre as Actividades Concebidas e os Trabalhos Realizados Habitualmente nas Aulas*

Actividades	n	Grau de Semelhança			
		Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita
PF <sup>a</sup>	27	-	7	18	2
AR <sup>a</sup>	27	1	6	17	3
AP <sup>b</sup>	31	2	8	20	1
EL <sup>b</sup>	33	4	10	17	2
BT <sup>b</sup>	30	3	12	14	1
DT <sup>b</sup>	31	3	8	18	2

*Nota.* <sup>a</sup>Actividades a usar no pré e no pós-teste. <sup>b</sup>Actividades a implementar durante a intervenção.

Exemplifica-se cada uma das categorias relativamente à actividade PF. Tendo-se perguntado aos alunos que semelhanças identificavam entre a actividade que lhes estávamos a propôr e os trabalhos que realizavam habitualmente nas aulas, eles responderam, por exemplo:

- “É parecida porque também fazemos relatórios.”. Incluiu-se esta resposta na categoria *Elaboração do relatório*.
- “Nas aulas de F.Q. também fizemos medições de temperatura com termómetros digitais e de outro tipo.”. Incluiu-se na categoria *Procedimentos usados* a parte sublinhada da frase transcrita e na categoria *Tipo de material* a parte não sublinhada.
- “As regras de segurança e alguns materiais utilizados.” Incluiu-se na categoria *Regras de segurança* a parte sublinhada da frase transcrita e na categoria *Tipo de material* a parte não sublinhada.
- “O facto de se fundamentar em leis físicas.” Incluiu-se esta resposta na categoria *Tema*.
- “Também realizamos os trabalhos no laboratório.” e “Trabalhamos em grupo.”. Incluíram-se estas respostas na categoria *Outros*.

A tabela que se segue apresenta as frequências das respostas dadas pelos alunos agrupadas de acordo com cada uma das categorias atrás mencionadas.

Em relação às semelhanças apontadas pelos alunos entre cada uma das actividades concebidas e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas, constata-se que as actividades PF e AR, administradas como pré-teste e pós-teste, são as que apresentam maior frequência de semelhanças com os trabalhos realizados habitualmente nas aulas. Principalmente nas actividades



PF, AR e BT, as semelhanças referem-se essencialmente ao tipo de material. A semelhança mais identificada na actividade DT diz respeito aos procedimentos usados; e para a actividade AP, a única semelhança identificada foi o tema e apenas por três alunos. Repare-se que, curiosamente, foram pouco apontadas as semelhanças *Regras de segurança* e *Elaboração de relatório*. Estes dados podem indiciar que as regras de segurança de carácter pessoal são reconhecidas pelos alunos apenas quando são indicadas por escrito e ainda que, nos trabalhos realizados habitualmente nas aulas, os relatórios serão solicitados de uma forma pouco sistemática.

Tabela 13

*Frequências de Semelhanças entre as Actividades Concebidas e os Trabalhos Realizados Habitualmente nas Aulas Segundo os Alunos*

Categorias	Actividades					
	PF (f=40)	AR (f=38)	AP (f=3)	EL (f=12)	BT (f=7)	DT (f=8)
Elaboração de relatório	6	10	–	3	–	–
Procedimentos usados	6	3	–	1	2	5
Regras de segurança	6	–	–	–	–	–
Tema	1	5	3	3	1	–
Tipo de material	15	20	–	2	4	3
Outros	6	–	–	3	–	–

Os aspectos considerados como não semelhantes aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas agruparam-se em nove categorias: *Autonomia*, *Liberdade*, *Material não habitual*, *Novidade*, *Planeamento*, *Tema não habitual*, *Tipo de aulas*, *Tipo de experiências* e *Outros*. Exemplificam-se algumas das categorias relativamente à actividade EL. As respostas que os alunos deram quando se lhes perguntou que aspectos não semelhantes identificavam entre a actividade que lhes estávamos a propôr e os trabalhos que realizavam habitualmente nas aulas foram, por exemplo:

- “A única diferença é que nesta actividade tivemos de ter mais autonomia para, a partir do material fornecido, prepararmos a experiência sem as indicações da professora.”. Incluiu-se na categoria *Autonomia* a parte sublinhada da frase transcrita.
- “Porque não trabalhamos com painéis fotovoltaicos.” Incluiu-se na categoria *Material não habitual* esta resposta.
- “É pouco semelhante porque tivemos que planear como fazer a experiência.”. Incluiu-se na categoria *Planeamento* esta resposta.

- “Porque nas aulas de Físico-Química nós não costumamos fazer experiências deste género, ou seja, experiências que envolvam electricidade. Incluiu-se esta resposta na categoria *Tema*.
- “Nós fazemos mais aulas teóricas.”. Incluiu-se esta resposta na categoria *Tipo de aulas*.
- “Fazemos poucas experiências na aula. E se fazemos não são completas como esta, não temos que responder a tantas perguntas e também não temos que pensar muito.”. Incluiu-se na categoria *Tipo de experiências* a parte sublinhada da frase transcrita. Incluiu-se na categoria *Tipo de aulas* a primeira frase não sublinhada. Incluiu-se na categoria *Outros* a segunda frase não sublinhada.

A categoria *Liberdade* refere-se a respostas dadas às actividades PF e AR tais como: “O facto de termos maior liberdade em relação às escolhas que fazemos.”. A categoria *Novidade* diz respeito a respostas dadas às actividades AP e BT tais como: “Porque eu nunca fiz nenhuma outra actividade deste tipo nas aulas de Física e Química.”.

As frequências das respostas dadas pelos alunos foram agrupadas de acordo com as categorias atrás exemplificadas e são apresentadas na tabela que se segue.

Tabela 14

*Frequências de Não Semelhanças entre as Actividades Concebidas e os Trabalhos Realizados Habitualmente nas Aulas Segundo os Alunos*

Categorias	Actividades					
	PF	AR	AP	EL	BT	DT
	(f=28)	(f=20)	(f=29)	(f=33)	(f=25)	(f=21)
Autonomia	7	4	–	1	–	–
Liberdade	7	4	–	–	–	–
Material não habitual	2	2	–	2	3	4
Novidade	–	–	6	–	6	–
Planeamento	2	4	2	2	–	1
Tema não habitual	3	3	7	13	7	3
Tipo de aulas	–	–	9	1	7	–
Tipo de experiências	1	1	2	5	–	10
Outros	6	2	3	9	2	3

Duas das actividades do programa de intervenção, AP e EL, são as que apresentam maior frequência de não semelhanças com os trabalhos realizados habitualmente nas aulas. As outras duas actividades do programa de intervenção, BT e DT, mostram frequências intermédias de não semelhanças.

Constata-se que as não semelhanças que referem o tema não ser habitual são apontadas em todas as actividades concebidas mas, principalmente, nas actividades AP, EL e BT. As não semelhanças incluídas na categoria *Outros* também foram apontadas em todas as actividades concebidas mas principalmente, nas actividades PF e EL. As não semelhanças que se referem à autonomia e à liberdade foram apontadas, essencialmente, nas actividades PF e AR; as que se referem à categoria *Material não habitual* foram apontadas, essencialmente, na actividade DT; as que se referem à categoria *Novidade* foram apontadas apenas nas actividades AP e BT; as que dizem respeito à categoria *Planeamento* foram mais apontadas na actividade AR; as que dizem respeito à categoria *Tipo de aulas* foram mais apontadas nas actividades AP e BT; as que dizem respeito à categoria *Tipo de experiências* foram mais apontadas nas actividades DT e EL.

Ainda relativamente aos dados expressos nesta tabela, ressalta que as não semelhanças identificadas se referem sobretudo ao tema, ao material, ao planeamento, ao tipo de experiências e à categoria *Outros*. Nesta categoria, salientam-se não semelhanças tais como: poder tomar decisões, dispor de bibliografia, ter que raciocinar mais, trabalhar numa actividade que não envolve o pedido de cálculos, ter que pensar mais do que o habitual, ter que elaborar um relatório diferente do habitual, trabalhar numa actividade com introdução, poder realizar uma quantidade de experiências, considerar diversas variáveis para chegar a um resultado, não poder comunicar entre grupos e trabalhar numa actividade cativante. A identificação destes aspectos por parte dos alunos como algo que faz a diferença entre as actividades concebidas e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas foi importante para se poder considerar que a natureza das actividades concebidas cumpria os critérios estabelecidos para a natureza das actividades a implementar no estudo principal, conforme já se mencionou no capítulo 3.

Ainda de referir e igualmente importante para se poder considerar que a natureza das actividades concebidas cumpria os critérios estabelecidos para a natureza das actividades a implementar no estudo principal, muitas das respostas que mencionavam como semelhança o uso de material corrente de laboratório, indicavam simultaneamente como não semelhança o uso de materiais de uso corrente e diário. Também muitas das respostas que identificavam como semelhança o tema específico da Física ou da Química, ao mesmo tempo assinalavam como não semelhança o facto de ser apresentada uma introdução envolvendo situações problemáticas de aproximação à vida real.

#### 4.1.2 Opiniões dos professores sobre a quarta versão do pré-teste, do pós-teste e do programa de intervenção.

A opinião dos seis professores que colaboraram na quarta fase da pilotagem acerca do grau de dificuldade do programa de intervenção, do pré-teste e do pós-teste e da sua adequação ao décimo ano, foi colhida através do questionário *Opinião Sobre a Actividade* (apêndice I). Este questionário permitiu também colher a opinião dos professores acerca do grau de semelhança entre as actividades concebidas para o estudo principal e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas de Física e Química.

Os professores consideraram o programa de intervenção, o pré-teste e o pós-teste como actividades adequadas ao décimo ano de escolaridade. Quase todas as actividades da intervenção foram classificadas como moderadamente difíceis, excepto a actividade EL, que foi considerada fácil. Os professores dividiram-se entre considerar as actividades concebidas para o estudo principal como *pouco semelhantes*, ou como *algo semelhantes* aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas.

No entanto, analisando de uma forma mais fina, denota-se que os professores classificaram as actividades PF e AR como *algo semelhantes*; as actividades AP, BT e DT como pouco semelhantes; e a actividade EL quer como *algo semelhante* quer como *pouco semelhante*. De notar que o pré-teste e o pós-teste foram considerados como *algo semelhantes* e o programa de intervenção foi classificado essencialmente como *pouco semelhante*, tal como era pretendido atendendo às finalidades deste estudo. As não semelhanças apontadas correspondem às pretendidas para a natureza do programa de intervenção, tal como se pode ver pela enumeração das não semelhanças que se segue:

- Enquanto que nas aulas são propostos habitualmente trabalhos de carácter em geral mais directivo, menos aberto; com ênfase nas instruções fornecidas directamente nas aulas, as actividades concebidas para o estudo principal dão ênfase ao uso de capacidades de pensamento e criatividade, pois é dada aos alunos a possibilidade de raciocinarem, de interpretarem bibliografia; não se limitam a treinar procedimentos.
- Enquanto que nas aulas é habitualmente entregue aos alunos um protocolo com o procedimento a seguir, solicitando-lhes a utilização de material de laboratório e o registo de observações e de resultados, as actividades concebidas para o estudo principal são focadas numa questão problema em que os alunos constroem uma metodologia de resolução do problema, têm a possibilidade de pesquisar a informação necessária, planificam as experiências que devem ser realizadas de modo

a poderem tomar uma decisão, têm que seleccionar o material necessário e realizar as experiências e interagem mais com a actividade experimental;

- Enquanto que nas aulas é habitualmente disponibilizada a maior parte da informação necessária: indicações sobre aspectos a considerar no planeamento, no procedimento, no que registar, na forma de registar, bem como no tipo e aspectos das conclusões a tirar; as actividades concebidas para o estudo principal são baseadas na resolução de um problema por via experimental envolvendo o planeamento com possibilidade de reformulação, a realização, o registo de resultados e a obtenção de conclusões fundamentadas;
- Enquanto que nas aulas os trabalhos realizados visam a inferência de conclusões com base em resultados e seu relacionamento com “a matéria” leccionada, as actividades concebidas para o programa de intervenção são actividades não convencionais, baseadas em problemas consistem em tomar decisões acerca de questões que se colocam na vida real.

#### **4.1.3 Comparação entre as opiniões dos alunos e dos professores acerca da quarta versão do pré-teste, do pós-teste e do programa de intervenção.**

As não semelhanças identificadas por alunos e professores são comuns: segundo os professores, as actividades concebidas distinguem-se dos trabalhos habituais das aulas essencialmente pelo seu carácter aberto, por solicitarem o uso de capacidades de pensamento de ordem superior e por serem contextualizadas. Para os alunos, as actividades concebidas distinguem-se dos trabalhos habituais das aulas por darem a oportunidade de usar autonomia, liberdade, de planear investigações, de tomar decisões, de consultar bibliografia, de raciocinar mais do que o habitual e de trabalhar numa situação da vida real.

As semelhanças identificadas por alunos e professores entre as actividades concebidas para o estudo principal e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas também coincidem; dizem respeito ao uso de material corrente de laboratório, de procedimentos do domínio, à elaboração de relatórios e à abordagem de conteúdos específicos do domínio.

Atendendo à triangulação de dados efectuada e proveniente das respostas de alunos e professores, decidiu-se conforme anteriormente referido implementar a quarta versão do pré-teste, do pós-teste e do programa de intervenção no estudo principal.

Os dados e os resultados do estudo principal relatam-se a seguir.

## 4.2 Estudo Principal

Nesta secção apresentam-se, em primeiro lugar, os dados provenientes das respostas dos alunos e dos professores envolvidos no estudo em relação quer ao programa de intervenção, quer ao pré e ao pós-teste. Em segundo lugar, apresentam-se os dados relativos aos sujeitos da amostra em termos das variáveis do estudo. Em terceiro lugar, apresenta-se a testagem das hipóteses nulas formuladas no estudo. Depois, descreve-se a análise de conteúdo efectuada às transcrições dos registos áudio das interacções verbais entre sujeitos da amostra enquanto trabalhavam em pequeno grupo, desempenhando as actividades de resolução de problemas administradas no pré e no pós-teste. Por último, faz-se uma síntese final dos resultados.

### 4.2.1 Opinião dos alunos sobre as actividades usadas na intervenção.

A tabela seguinte resume as respostas dadas pelos alunos que participaram no estudo acerca do grau de semelhança que encontraram entre as actividades que realizaram no âmbito desta investigação, PF, AR, AP, EL, BT e DT e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas.

Tabela 15

*Frequências das Respostas dos Alunos sobre o Grau de Semelhança entre as Actividades Usadas na Intervenção e os Trabalhos Realizados Habitualmente nas Aulas*

Actividades	n	Grau de Semelhança			
		Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita
PF <sup>a</sup>	174	12	47	94	21
AR <sup>a</sup>	162	13	28	81	40
AP <sup>b</sup>	96	5	23	59	9
EL <sup>b</sup>	94	16	29	42	7
BT <sup>b</sup>	93	30	32	26	5
DT <sup>b</sup>	91	12	26	41	12

Nota. <sup>a</sup>Pré-teste e pós-teste. <sup>b</sup> Programa de intervenção.

Pode observar-se a partir dos valores expressos nesta tabela que em geral, um maior número de alunos considerou as actividades implementadas na intervenção como tendo *alguma semelhança* em relação aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas. A excepção é a actividade BT, em que os alunos se dividiram entre considerá-la *pouco semelhante* ou *nada semelhante* aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas. Pode ainda observar-se que as actividades PF, AP, EL e DT

foram consideradas por poucos alunos quer como *nada semelhantes*, quer como *muito semelhantes*. A actividade BT foi considerada por poucos alunos como *muito semelhante* e a actividade AR foi considerada por poucos alunos como *nada semelhante*.

Na análise de conteúdo efectuada às respostas dos alunos, os aspectos referidos como semelhantes aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas foram agrupados em seis categorias: *Elaboração de relatório*, *Fazer registos*, *Procedimentos usados*, *Tema*, *Tipo de material*, *Trabalho de grupo* e *Outros*.

Relativamente à actividade PF, tendo-se perguntado aos alunos que semelhanças identificavam entre a actividade que lhes tinha sido proposta e os trabalhos que realizavam habitualmente nas aulas eles responderam, por exemplo:

- “Tivemos de elaborar um relatório.”. Incluiu-se esta resposta na categoria *Elaboração do relatório*.
- “Foi um trabalho em grupo e tivemos de registar as conclusões e procedimentos.” Incluiu-se na categoria *Fazer registos* a parte sublinhada da frase transcrita e na categoria *Trabalho de grupo* a parte não sublinhada.
- “Fazer o procedimento, manuseamento do material.” Incluiu-se esta resposta na categoria *Procedimentos usados*.
- “Trabalhamos em grupo, e o conteúdo está relacionado com a matéria de Física.” Incluiu-se na categoria *Tema* a parte sublinhada da frase transcrita e na categoria *Trabalho de grupo* a parte não sublinhada.
- “A utilização de alguns materiais semelhantes: o suporte universal, a garra, régua, etc.” Incluiu-se esta resposta na categoria *Tipo de material*.
- “O cumprimento de regras de segurança.” e “A sala de aula onde as experiências decorrem”. Incluíram-se estas respostas na categoria *Outros*.

As frequências das respostas dadas pelos alunos agrupadas de acordo com cada uma das categorias atrás mencionadas são apresentadas na tabela 16.

Constata-se que as semelhanças mais identificadas em quase todas as actividades referem-se ao tipo de material. Na actividade AR, a semelhança mais identificada foi o tema e nas actividades PF, AR e AP, os procedimentos usados foram das semelhanças mais identificadas.

Os aspectos que os alunos consideraram como não semelhantes aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas agruparam-se em dez categorias, que são as seguintes: *Autonomia*, *Bibliografia*, *Liberdade*, *Material*, *Pensar*, *Planeamento*, *Tipo de aulas*, *Tipo de experiências*, *Tipo de relatório*, *Tomada de decisão* e *Outros*.

Ilustra-se a seguir cada uma das categorias com uma transcrição das respostas dadas pelos alunos relativamente à actividade AR.

Tabela 16

*Frequências de Semelhanças entre as Actividades Usadas na Intervenção e os Trabalhos Realizados Habitualmente nas Aulas Segundo os Alunos*

Categorias	Actividades					
	PF	AR	AP	EL	BT	DT
	(f= 203)	(f= 173)	(f= 142)	(f= 95)	(f= 45)	(f= 99)
Elaboração de relatório	20	6	2	1	3	3
Fazer registos	11	5	2	2	—	2
Procedimentos usados	52	43	44	14	9	17
Tema	24	54	24	18	5	28
Tipo de material	61	49	49	41	22	43
Trabalho de grupo	18	8	4	10	4	2
Outros	17	8	17	9	2	4

As respostas dadas pelos alunos quando se lhes perguntou que aspectos não semelhantes identificavam entre a actividade proposta e os trabalhos que realizavam habitualmente nas aulas foram, por exemplo:

- “O facto de poder fazer a experiência pelas minhas mãos. Nas aulas de Física e Química temos de seguir um protocolo pré-definido que é visionado pelo professor para assegurar que tudo corre bem.” Esta resposta foi incluída na categoria *Autonomia*.
- “A quantidade e diversidade de informação teórica que nos é dada, a qual nos serve de fundamento nos resultados.” Esta resposta foi incluída na categoria *Bibliografia*.
- “As experiências que realizamos nas aulas já são previamente planeadas, enquanto que nestas temos mais liberdade e temos que pensar mais.” Incluiu-se na categoria *Liberdade* a parte sublinhada da frase transcrita. Incluiu-se na categoria *Pensar* a segunda frase não sublinhada.
- “A variedade de material. Nas aulas de F. Q. o material já está planeado e nesta actividade o material pode ser escolhido pelos alunos.” Incluiu-se na categoria *Material* a parte sublinhada da frase transcrita. Incluiu-se na categoria *Autonomia* a frase não sublinhada.



- “Apenas o facto de termos de ser nós a idealizar o que vamos fazer, termos de pôr tudo por escrito, aquilo que idealizamos, e tirar as nossas próprias conclusões. Por este motivo, acho que nos faz desenvolver o raciocínio, mais do que habitualmente.” Incluiu-se na categoria *Pensar* a parte sublinhada da frase transcrita. Incluiu-se na categoria *Autonomia* a última frase não sublinhada.
- “O facto de sermos nós a elaborar o procedimento experimental, no sentido de decidirmos que materiais utilizar, como usá-los e para quê usá-los.” Esta resposta foi incluída na categoria *Planeamento*.
- “Relativamente à matéria sobre condução térmica não foram realizadas experiências práticas.” Esta resposta foi incluída na categoria *Tipo de aulas*.
- “Nas aulas de F. Q. por vezes, são comparados os dados recolhidos das experiências com outros resultados. Ou seja, com isto quero dizer que em referência às experiências que são realizadas é-nos dada uma folha com os dados correctos, a qual usamos para comparar com os nossos dados para saber se a diferença é muita ou pouca.” Esta resposta foi incluída na categoria *Tipo de experiências*.
- “Eu acho tudo muito didáctico. Os relatórios são diferentes, visto que as perguntas exigem respostas muito concretas e fundamentadas.” Incluiu-se na categoria *Tipo de relatório* a parte sublinhada da frase transcrita. Incluiu-se na categoria *Outros* a frase não sublinhada.
- “Não sabemos ao certo o que fazer. Temos que descobrir com as folhas que nos dão o procedimento ou a finalidade do trabalho. Nas aulas de Física e Química utilizamos o livro, ou seja, no livro já nos diz como fazer.” Incluiu-se na categoria *Tomada de decisão* a parte sublinhada da frase transcrita.
- “A actividade é interessante.”, “É-se gravado.”, “Não se pode interagir com colegas de outros grupos.” e “A actividade é mais demorada que o habitual nas aulas de Física e Química, onde só se registam dados.”. Incluíram-se estas respostas na categoria *Outros*. Incluiu-se na categoria *Tipo de experiências* a parte sublinhada da frase transcrita.

As frequências das respostas dadas pelos alunos foram agrupadas de acordo com as categorias acabadas de exemplificar e apresentam-se na tabela que se segue.

Tabela 17

*Frequências de Não Semelhanças entre as Actividades Usadas na Intervenção e os Trabalhos Realizados Habitualmente nas Aulas Segundo os Alunos*

Categorias	Actividade					
	PF	AR	AP	EL	BT	DT
	(f=287)	(f=332)	(f=180)	(f=201)	(f=182)	(f=223)
Autonomia	45	47	21	26	15	19
Bibliografia	4	12	5	10	7	10
Liberdade	16	7	5	6	4	6
Material	13	34	7	30	22	26
Pensar	20	11	8	6	7	5
Planeamento	88	120	42	33	46	61
Tipo de aulas	5	5	16	5	30	5
Tipo de experiências	29	3	13	10	1	6
Tipo de relatório	14	12	13	12	9	11
Tomada de decisão	29	44	10	13	23	33
Outros	24	37	40	50	18	41

Constata-se que com excepção da actividade EL, em que foram mais apontadas não semelhanças incluídas na categoria *Outros*, as não semelhanças que referem o planeamento são as mais apontadas em todas as actividades usadas na intervenção, destacando-se a actividade AR, na qual também foram mais apontadas as não semelhanças que se referem à categoria *Tomada de decisão*. As não semelhanças que se referem à categoria *Autonomia* foram mais apontadas nas actividades PF e AR; as não semelhanças que se referem à categoria *Bibliografia* foram mais apontadas nas actividades AR, EL e DT; as não semelhanças que se referem à categoria *Liberdade* foram mais apontadas na actividade PF; as não semelhanças que se referem à categoria *Material* foram mais apontadas nas actividades AR, EL, BT e DT; as não semelhanças que se referem à categoria *Pensar* foram mais apontadas na actividade PF, as não semelhanças que se referem à categoria *Tipo de aulas* foram mais apontadas na actividade BT; as não semelhanças que se referem à categoria *Tipo de experiências* foram mais apontadas na actividade PF e as não semelhanças que se referem à categoria *Tipo de relatório* foram apontadas com uma frequência similar nas seis actividades. As não semelhanças que se referem à categoria *Outros* foram mais apontadas, para além da actividade EL, nas actividades AP e DT. Nesta categoria e para estas actividades, foram apontadas as seguintes não semelhanças: a oportunidade de rever o planeamento, a aprendizagem que a actividade proporciona, os grupos de trabalho serem de menores dimensões, a

actividade relacionar-se com o quotidiano e a maior partilha de ideias entre os elementos do grupo de trabalho.

A identificação das não semelhanças enumeradas ao longo desta secção por parte dos alunos como tratando-se de aspectos que marcam a diferença entre as actividades usadas na intervenção e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas veio corroborar os resultados do estudo piloto, já apresentados anteriormente, acerca do cumprimento dos critérios estabelecidos para a natureza das actividades implementadas no estudo principal.

#### 4.2.2 Opinião dos professores sobre as actividades usadas na intervenção.

As opiniões dos sete professores envolvidos no estudo acerca das actividades usadas na intervenção foram colhidas através do questionário *Opinião sobre a Actividade* (apêndice I). Obtiveram-se as suas respostas acerca da adequação das actividades da intervenção ao décimo ano, do grau de dificuldade e do grau de semelhança entre as actividades usadas na intervenção e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas.

Os professores consideraram as actividades usadas na intervenção como adequadas ao décimo ano de escolaridade, tendo classificado as actividades PF e EL como moderadamente difíceis. Os professores dividiram-se entre considerar a actividade AP como fácil e moderadamente difícil. As actividades AR, BT e DT foram consideradas fáceis. Os professores dividiram-se entre considerar as actividades da intervenção essencialmente como *pouco semelhantes*, ou como *algo semelhantes* aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas.

Os professores consideraram as actividades BT e DT como *pouco semelhantes* aos trabalhos realizados habitualmente nas aulas e as actividades AP e EL como *algo semelhantes*. Relativamente à actividade PF, os professores dividiram-se entre considerá-la como *nada semelhante*, *pouco semelhante* ou *algo semelhante*. Quanto à actividade AR, os professores dividiram-se entre considerá-la como *algo semelhante* ou *muito semelhante*.

Contudo, a partir da análise de conteúdo efectuada, constata-se que as não semelhanças apontadas pelos professores corroboram os resultados do estudo piloto quanto ao cumprimento dos critérios estabelecidos quanto à natureza das actividades usadas na intervenção, tal como se pode verificar pelas não semelhanças que se enumeram a seguir:

- Enquanto que nas aulas são propostas questões-problema em que são fornecidas quase sempre indicações ou o manual para orientar a planificação, no “arranque” das actividades da intervenção são os alunos a planear os procedimentos, não sendo dada previamente qualquer introdução teórica sobre o tema nem orientação sobre a planificação da actividade;

- Enquanto que nas aulas é dada ênfase à prática de técnicas e procedimentos específicos do domínio, nas actividades da intervenção os alunos têm total liberdade de encaminhar o trabalho em função do seu objectivo, decidem autonomamente as variáveis a estudar, os testes a realizar, sendo-lhes disponibilizada bibliografia variada para consultarem,
- Enquanto que os trabalhos realizados habitualmente nas aulas requerem dos alunos essencialmente o registo e análise de dados e a redacção de conclusões; as actividades da introdução permitem atingir um objectivo através de métodos variados e os dados têm que ser obtidos por via experimental,
- Enquanto que nas aulas são abordados essencialmente os conteúdos de Física e Química, as actividades usadas na intervenção criam aproximações a situações reais e cenários mais reais tornando mais perceptível a ligação entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente;
- Sendo usado habitualmente o material de laboratório nos trabalhos realizados nas aulas, nas actividades da intervenção são testados materiais de uso comum, com relevância enquanto aplicações concretas na vida diária actual ou futura dos alunos e habitualmente não testados nas aulas.

#### **4.2.3 Comparação entre as opiniões dos alunos e dos professores sobre as actividades usadas na intervenção.**

As não semelhanças identificadas tanto pelos alunos, como pelos professores são comuns e corroboram os resultados do estudo piloto. Isto é, os alunos mais uma vez distinguiram as actividades usadas na intervenção dos trabalhos realizados habitualmente nas aulas por permitirem usar autonomia, liberdade, planejar investigações, tomar decisões, consultar bibliografia variada, aceder a material diversificado e desafiar o uso do raciocínio. Para os professores, as actividades usadas na intervenção distinguem-se dos trabalhos realizados habitualmente nas aulas essencialmente pela sua natureza aberta, por apelarem a capacidades de pensamento de ordem superior e por serem contextualizadas.

Por outro lado, as semelhanças identificadas quer pelos alunos, quer pelos professores também são comuns e confirmam os resultados do estudo piloto, prendendo-se essencialmente com o tipo de material usado e com os procedimentos específicos do domínio.

Assim, tornou-se claro, mais uma vez, que as actividades usadas na intervenção cumprem os critérios estabelecidos atendendo às finalidades do estudo.

Os dados provenientes dos sujeitos da amostra ao realizar o pré e o pós-teste e os resultados deles decorrentes relatam-se a seguir.

#### **4.2.4 Desempenho na resolução de problemas e pensamento crítico dos sujeitos.**

Consideraram-se como variáveis independentes, discretas, os dois factores do contexto de aprendizagem investigados (natureza das actividades, nível educacional dos pais). Foram consideradas como variáveis dependentes, contínuas, o desempenho na resolução de problemas (traduzido na cotação global, na cotação dos processos e dos produtos) e o nível de pensamento crítico (que inclui os aspectos *indução*, *dedução*, *observação e credibilidade* e *assumpções*).

A natureza das actividades (uma das variáveis independentes) tem dois níveis: *problemas da vida real* e *exercícios académicos*. O nível educacional dos pais (a outra variável independente) também tem dois níveis: *alto* e *baixo*. Descreveu-se a amostra recorrendo, ainda, a outras duas variáveis: o sexo e a idade dos sujeitos.

Tal como a literatura recomenda, começou por se efectuar uma análise preliminar de dados, na medida em que os dados colhidos poderiam revelar eventuais padrões inesperados que poderiam ser importantes, à partida, na compreensão do problema investigado (Gall et al., 2007; Pallant, 2003). Depois, estudou-se para cada variável dependente, a normalidade e a variabilidade das distribuições e efectuou-se uma pesquisa de *outliers*.

##### **4.2.4.1 Análise preliminar dos dados.**

Uma vez que é fácil cometer erros durante a introdução de dados, realizou-se uma análise preliminar com recurso ao SPSS versão 17, utilizando técnicas estatísticas que permitem detectar erros de introdução, nomeadamente valores fora das escalas utilizadas.

Detectados os erros cometidos na introdução de dados, estes corrigiram-se através do programa estatístico utilizado. Também se observaram valores em falta no nível e aspectos do pensamento crítico devido a alguns alunos terem faltado ao pré, ou ao pós-teste. Estimaram-se os valores em falta seleccionando, de entre as várias opções possíveis, a substituição pelas médias. Substituiu-se cada valor do nível e aspectos do pensamento crítico em falta pelas médias do grupo ao qual o sujeito em causa pertencia pois segundo Tabanick e Fidell (2007), este é o procedimento que permite um compromisso: não é tão conservativo como a substituição pela média total da amostra, nem tão liberal como a substituição por outro valor baseado em conhecimento anterior. Efectuado este procedimento e não se tendo detectado mais dados em falta, prosseguiu-se a análise exploratória dos dados da amostra.

Para cada uma das variáveis independentes calcularam-se as frequências, os máximos e mínimos, tendo-se examinado o número válido de sujeitos. Para as variáveis dependentes calcularam-se as médias, os desvios padrão, os máximos e mínimos, verificando se os valores faziam sentido.

Cumprindo as variáveis dependentes duas das suposições gerais necessárias à comparação estatística de grupos através de testes paramétricos (medição através de escala de intervalo, independência das observações), fez-se uma primeira inspecção sobre os seus valores para averiguar a natureza da sua distribuição, a variabilidade e os valores extremos das cotações.

#### *4.2.4.1.1 Normalidade e variabilidade das distribuições.*

Estudaram-se os enviesamentos das distribuições em relação à normal utilizando o SPSS. O estudo foi feito através do valor do coeficiente de assimetria, *skewness*, que sendo positivo indica uma concentração da distribuição no lado dos mínimos, com uma longa cauda para o lado direito; sendo negativo indica uma concentração da distribuição no lado dos máximos com uma longa cauda para o lado esquerdo; sendo igual a zero indica uma distribuição perfeitamente simétrica, em torno da média.

Estudaram-se, também, as medidas de achatamento das distribuições em relação à simetria da curva normal. A verificação foi feita através do coeficiente de achatamento, *kurtosis*, incluído no programa estatístico utilizado, para o qual valores positivos indicam distribuições pontiagudas; valores negativos indicam distribuições achatadas e o valor zero indica uma distribuição normal.

Desejando-se operacionalizar a comparação estatística de grupos através de testes paramétricos, sendo a amostra constituída por um número de sujeitos superior a trinta, averiguou-se através do teste de kolmogorov-Smirnov o cumprimento da suposição da normalidade das distribuições das variáveis dependentes. Níveis de significância superiores a 0.05 neste teste indicam que a suposição é cumprida; ou seja, que as distribuições das variáveis em causa são do tipo normal.

Averiguado o cumprimento da suposição da normalidade das distribuições, efectuou-se uma pesquisa de *outliers* para tomar decisões acerca dos desvios das distribuições à normalidade. O SPSS define como *outliers* valores que se afastam 1.5 vezes mais da mediana do que 50% dos valores da distribuição (Pallant, 2003).

Averiguou-se ainda, com base no teste de Levene, se a variabilidade das distribuições das variáveis dependentes é semelhante nos grupos a comparar. Esta suposição, designada por *homogeneidade da variância*, é requerida pelos testes paramétricos de comparação entre grupos.

*Grupo experimental e grupo de controlo.*

Foi-se assim estudar o afastamento das distribuições das variáveis dependentes em relação à normal para os dois grupos; experimental e de controlo, que se relata a seguir.

Com base nos valores do coeficiente de assimetria verificou-se que as distribuições das variáveis dependentes não são simétricas.

As distribuições enviesadas para o lado dos mínimos são:

- No grupo experimental, no pré e no pós-teste processos, produtos e cotação global;
- No grupo de controlo, no pré-teste processos, cotação global, dedução e assumpções, no pós-teste processos, produtos, cotação global, observação e credibilidade, assumpções e nível de pensamento crítico.

As distribuições enviesadas para o lado dos máximos são:

- No grupo experimental, no pré e no pós-teste nível e aspectos do pensamento crítico;
- No grupo de controlo, no pré-teste produtos, indução, observação e credibilidade e nível de pensamento crítico, no pós-teste indução e dedução.

A partir dos valores do coeficiente de achatamento, verificou-se que as distribuições das variáveis dependentes não apresentam uma forma do tipo normal.

As distribuições que apresentam forma achatada são:

- No grupo experimental no pré-teste produtos, cotação global, observação e credibilidade e assumpções, no pós-teste assumpções e nível de pensamento crítico;
- No grupo de controlo no pré-teste processos, produtos, cotação global, dedução, observação e credibilidade e nível de pensamento crítico, no pós-teste produtos, cotação global, dedução, observação e credibilidade, assumpções e nível de pensamento crítico.

As distribuições que apresentam forma pontiaguda são:

- No grupo experimental no pré-teste processos, indução, dedução, nível de pensamento crítico, no pós-teste processos, produtos, cotação global, indução, dedução, e observação e credibilidade;
- No grupo de controlo no pré-teste indução e assumpções, no pós-teste processos e indução.

Visto que cada grupo é constituído por um número de sujeitos igual ou superior a trinta, averiguou-se o cumprimento da assumpção da normalidade das distribuições das variáveis

dependentes recorrendo à estatística de kolmogorov-Smirnov. Observou-se que algumas das variáveis dependentes não apresentam uma distribuição do tipo normal:

- No grupo experimental no pré-teste processos, indução, dedução, observação e credibilidade, assumpções e nível de pensamento crítico, no pós-teste processos, produtos, indução, observação e credibilidade, assumpções e nível de pensamento crítico;
- No grupo de controlo no pré-teste produtos, indução e assumpções, no pós-teste processos, produtos, cotação global e assumpções.

Dado o afastamento da normalidade das distribuições das variáveis dependentes referidas, procedeu-se a uma pesquisa de *outliers*. A finalidade desta pesquisa foi, principalmente, decidir manter ou excluir da amostra os *outliers* detectados em função da sua influência na assimetria das distribuições e, conseqüentemente, nas médias. Ao mesmo tempo, confirmou-se que os *outliers* identificados não resultaram de erros cometidos na introdução dos dados ou na cotação.

Com recurso ao SPSS, relativamente ao desempenho na resolução de problemas, ao nível e aos aspectos do pensamento crítico detectaram-se alguns *outliers*. A partir da inspecção dos gráficos do SPSS, observou-se que no grupo experimental, um dos *outliers* no pré-teste, no nível de pensamento crítico, é um valor extremo; isto é, afasta-se da mediana três vezes mais do que 50% dos restantes valores (Pallant, 2003).

Para se decidir o que fazer em relação aos *outliers* detectados, ponderaram-se vários critérios. Por um lado, a literatura aconselha a não excluir da amostra *outliers*, a não ser por razões muito fortes. Boas razões para se excluírem da amostra *outliers* são: os sujeitos em questão não terem sido expostos ao mesmo tratamento experimental que os restantes durante a intervenção, ou não serem provenientes da população donde se seleccionou a amostra (Field, 2005; Gall et al., 2007). Ora, nenhuma destas situações ocorreu no presente estudo.

Por outro lado, tendo-se comparado as médias originais com as recalculadas pelo SPSS, que remove 5% dos valores mais elevados e mais baixos das distribuições, verificou-se que os *outliers* detectados não influenciam as médias da forma descrita. Isto é, a máxima discrepância observada entre as médias originais e recalculadas no desempenho na resolução de problemas é 0.2 em 8 pontos nos processos no pós-teste do grupo experimental; ou seja, 1.9% da cotação máxima. No nível de pensamento crítico, o afastamento máximo é de 0.5 em 72 pontos no pré-teste do grupo experimental; ou 0.7% da cotação máxima. Dado o pouco afastamento entre as médias e as médias recalculadas, tomou-se a decisão de manter na amostra os *outliers*, incluindo o valor extremo detectado.



Como consequência das decisões tomadas, apenas algumas das variáveis dependentes cumprem a assumpção da normalidade das distribuições. As distribuições achatadas, já enumeradas tanto no caso do grupo experimental como do grupo de controlo, aumentam o risco de subestimar a variância e por isso, atenuam a potência dos testes. Contudo, os grupos a comparar são constituídos por um número de sujeitos superior a trinta e nestas condições, ainda que as distribuições sejam enviesadas e/ou achatadas, as estatísticas paramétricas como a  $F$  da ANOVA ou a  $t$  de student são robustas ao erro do tipo I; isto é, a probabilidade de se cometer o erro de concluir pela existência de diferenças estatisticamente significativas entre grupos, quando na realidade não existem, mantém-se inalterada (Gall et al., 2007; Maroco, 2007; Pallant, 2003). Deste modo, continuou-se a equacionar analisar os dados do estudo através de testes paramétricos.

Assim, reporta-se como medida de tendência central a *média*. Contudo, como consequência da dimensão da amostra do estudo ser pequena (Hair, Lack, Babin, Anderson, e Tatham, 2006; Tabanik e Fidell, 2007) e dado o afastamento da normalidade das distribuições de algumas das variáveis dependentes, as médias poderão não reflectir realisticamente os valores médios da amostra. Como tal, decidiu-se incluir também na apresentação de medidas de tendência central a *mediana*. Segundo Gall et al. (2007) e Rugg (2007), ao contrário da média, a mediana não é particularmente afectada por valores extremos podendo, assim, traduzir mais realisticamente os valores médios da amostra.

Para exprimir a variabilidade das distribuições; isto é, a extensão com que os valores das variáveis em estudo se desviam da média, usou-se o *desvio padrão*. Segundo Rugg (2007), quando se trabalha com amostras e não com a população, deve usar-se uma versão mais conservativa, que consiste em dividir a soma dos quadrados por  $n-1$  e não por  $n$ , como se faz quando se calcula a variância. Esta opção traduz-se, como é de esperar, em valores maiores das variabilidades, proporcionando por isso interpretações mais moderadas das implicações dos resultados. No entanto, a medida da variabilidade pressuposta na literatura para operacionalizar a comparação estatística entre grupos através de testes paramétricos é a versão menos conservativa. Por esta razão, reporta-se a variabilidade dos dados através do *desvio padrão*. De forma a melhor ilustrar os valores abrangidos pelas distribuições das variáveis dependentes decidiu-se, também, incluir a informação acerca dos *máximos* e *mínimos*.

Com base nos resultados do teste de Levene, averiguou-se da homogeneidade da variância das distribuições das variáveis dependentes no pré e no pós-teste. Neste teste, um nível de significância superior a 0.05 indica que a diferença entre as variâncias das distribuições não é significativa, podendo neste caso admitir-se que a assumpção é cumprida. Ora, verificou-se que esta assumpção não é cumprida apenas pelas distribuições das cotações dos produtos no pós-teste. Dado que o desenho da investigação é balanceado, ou seja, o número de sujeitos dos grupos experimental

( $n=74$ ) e de controlo ( $n=64$ ) é suficientemente semelhante, cumprindo o critério de apresentar um quociente inferior a 1.5 entre o maior e o menor grupo, que segundo Pallant (2003) é o recomendável, o não cumprimento da assumpção da homogeneidade da variância tem apenas um efeito atenuado nos erros do tipo I e do tipo II, podendo considerar-se que não é comprometida a confiança nos resultados do estudo.

*Sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo nos grupos experimental e de controlo.*

Nos mesmos moldes com que se estudou a natureza das distribuições das variáveis dependentes para os grupos experimental e de controlo, foi-se estudar os afastamentos em relação à normal das distribuições das variáveis dependentes para os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo nos grupos experimental e de controlo.

Com base nos valores do coeficiente de assimetria, verificou-se que não existem distribuições simétricas das variáveis dependentes para os quatro grupos considerados na amostra.

As distribuições enviesadas para o lado dos mínimos são:

- No grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional alto, processos, produtos e cotação global no pré-teste, processos, cotação global e assumpções no pós-teste;
- No grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional baixo, processos, produtos e cotação global no pré-teste, processos, produtos e cotação global no pós-teste;
- No grupo de controlo, para os sujeitos com pais de nível educacional alto, processos, produtos, cotação global, dedução e assumpções no pré-teste, processos, cotação global e observação e credibilidade no pós-teste;
- No grupo de controlo, para os sujeitos com pais de nível educacional baixo, processos, cotação global, dedução, assumpções e nível de pensamento crítico no pré-teste, processos, produtos, cotação global, dedução, observação e credibilidade, assumpções e nível de pensamento crítico no pós-teste.

As distribuições enviesadas para o lado dos máximos são:

- No grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional alto, nível e aspectos do pensamento crítico no pré-teste, produtos, indução, dedução, observação e credibilidade e nível de pensamento crítico no pós-teste.
- No grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional baixo, nível e aspectos do pensamento crítico no pré-teste e no pós-teste.

Com base nos valores do coeficiente de achatamento, verificou-se que as distribuições das variáveis dependentes do estudo apresentam forma pontiaguda para os quatro grupos considerados na amostra.

Averiguou-se o cumprimento da assumpção da normalidade das distribuições das variáveis dependentes recorrendo à estatística de kolmogorov-Smirnov, visto que cada grupo é constituído por um número de sujeitos igual ou superior a trinta. Observou-se que algumas das variáveis dependentes não apresentam uma distribuição do tipo normal:

- No grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional alto processos, observação e credibilidade e nível de pensamento crítico no pré-teste, processos, produtos e observação e credibilidade no pós-teste.
- No grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional baixo processos, dedução, observação e credibilidade e nível de pensamento crítico no pré-teste, processos e nível de pensamento crítico no pós-teste.
- No grupo de controlo, para os sujeitos com pais de nível educacional alto, processos e assumpções no pré-teste e indução e assumpções no pós-teste.
- No grupo de controlo, para os sujeitos com pais de nível educacional baixo, indução e assumpções no pré-teste e processos e assumpções no pós-teste.

Dado o afastamento da normalidade das distribuições das variáveis dependentes referidas, efectuou-se uma pesquisa de *outliers*.

Confirmou-se que os *outliers* observados não eram provenientes de erros nas cotações nem na introdução de dados. Em relação ao desempenho na resolução de problemas e ao nível e aspectos do pensamento crítico, detectaram-se alguns *outliers*. Observando os gráficos do SPSS, verificou-se que para o grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional baixo um dos *outliers* no pré-teste, na observação e credibilidade e no nível de pensamento crítico era um valor extremo.

Da comparação entre as médias originais e as recalculadas pelo SPSS, observou-se uma discrepância máxima no desempenho na resolução de problemas de 1.4% na cotação global; ou seja, 0.2 em 16 pontos no pós-teste dos sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional baixo. A discrepância máxima observada no pré-teste dos sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional baixo no nível de pensamento crítico tem o mesmo valor; ou seja, 1.4% o que corresponde a 1.0 em 72 pontos. Dada a pouca discrepância entre as médias e as médias recalculadas e tendo por base os critérios já descritos anteriormente, decidiu-se manter os *outliers* da amostra, incluindo o valor extremo.

Assim, algumas das distribuições das variáveis dependentes não são do tipo normal nos quatro grupos considerados na amostra. Contudo, dado que cada um deles é constituído por um número de sujeitos igual ou superior a trinta, o não cumprimento da assumpção da normalidade das distribuições não compromete a confiança nos resultados.

Assim, assumiu-se a limitação, já mencionada anteriormente, referente à atenuação da potência dos testes, devida ao facto de apenas algumas das variáveis dependentes cumprirem a assumpção da normalidade das distribuições e avançou-se com a decisão de analisar os dados recorrendo a testes paramétricos. Assim e pelas razões também já apontadas anteriormente, reportam-se como medidas de tendência central a *média* e a *mediana* dos quatro grupos. Como medidas da variabilidade das distribuições das variáveis dependentes, adoptam-se o *desvio padrão*, os *máximos* e os *mínimos*.

Tendo-se averiguado através do teste de Levene da homogeneidade da variância das distribuições das variáveis dependentes no pré e no pós-teste, verificou-se que não existe apenas nas distribuições em observação e credibilidade no pré-teste nem nas distribuições das cotações dos produtos no pós-teste. Visto que o desenho da investigação é balanceado, ou seja, o número de sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto ( $n=36$ ), baixo ( $n=38$ ) e o número de sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $n=30$ ) e baixo ( $n=34$ ) é suficientemente semelhante, o não cumprimento desta assumpção tem um efeito atenuado nos erros do tipo I e do tipo II, pelo que se pode considerar que a confiança nos resultados não é comprometida.

#### **4.2.4.2 Apresentação dos dados.**

Nesta secção apresentam-se os valores das médias, medianas, desvios padrão, mínimos e máximos obtidos para a amostra em relação à avaliação dos sujeitos quanto às variáveis dependentes antes e após a intervenção.

##### **4.2.4.2.1 Grupo experimental e grupo de controlo.**

As cotações obtidas no pré e no pós-teste do desempenho na resolução de problemas pelos sujeitos dos grupos experimental ( $n=74$ ) e de controlo ( $n=64$ ) são apresentadas na tabela seguinte. Indicam-se as médias, desvios padrão, mínimos e máximos do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos processos e dos produtos.

A partir dos valores expressos nesta tabela pode observar-se que, no pré-teste, as médias do desempenho na resolução de problemas do grupo experimental eram inferiores às do grupo de

controlo. No pós-teste, as médias do grupo experimental passaram a ser superiores às do grupo de controlo. Pode também notar-se que, entre o pré e o pós-teste, médias da cotação dos produtos e global passaram a ser mais elevadas para os dois grupos.

Tabela 18

*Médias, Desvios Padrão, Mínimos e Máximos na Resolução de Problemas*

Grupo	Teste	Cotação											
		Processos				Produtos				Global			
		<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max
Experimental	Pré	2.6	1.2	1.0	7.7	2.9	1.1	1.2	5.8	5.5	1.8	2.4	10.8
Controlo		2.8	1.2	1.0	6.0	3.1	0.9	1.4	5.2	5.9	1.6	2.8	8.9
Experimental	Pós	3.0	1.4	1.1	7.8	3.9	1.2	1.4	7.8	6.9	2.2	3.1	15.7
Controlo		2.7	1.0	1.1	5.8	3.8	1.3	1.7	6.9	6.5	1.9	2.9	11.1

*Nota.* Min=Mínimo. Max=Máximo.

Relativamente à cotação dos processos, a média o grupo experimental subiu, enquanto a do grupo de controlo desceu.

Na tabela seguinte apresentam-se as médias e as medianas do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos processos e dos produtos para os dois grupos de sujeitos no pré e no pós-teste.

Tabela 19

*Médias e Medianas na Resolução de Problemas*

Grupo	Teste	Cotação					
		Processos		Produtos		Global	
		<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>
Experimental	Pré	2.6	2.2	2.9	2.8	5.5	5.4
Controlo		2.8	2.7	3.1	3.4	5.9	5.8
Experimental	Pós	3.0	2.3	3.9	3.9	6.9	6.7
Controlo		2.7	2.3	3.8	3.9	6.5	6.0

Não sendo as medianas influenciadas pelos valores extremos como acontece com as médias, sobretudo em amostras pequenas, focámo-nos privilegiadamente na leitura daquelas.

Observaram-se discrepâncias das medianas em relação às médias no pós-teste: as medianas dos processos e dos produtos são idênticas nos dois grupos, enquanto que as médias indicam valores de cotações mais elevadas no grupo experimental.

A tabela seguinte apresenta as cotações obtidas no nível e nos aspectos do pensamento crítico pelos sujeitos dos grupos experimental ( $n=74$ ) e de controlo ( $n=64$ ). Indicam-se as médias, desvios padrão, mínimos e máximos do nível de pensamento crítico, bem como aos aspectos indução, dedução, observação e credibilidade e assumpções.

Com base nos valores expressos nesta tabela pode observar-se que, no pré-teste, as médias do nível e dos aspectos do pensamento crítico do grupo experimental eram inferiores às do grupo de controlo. No pós-teste, as médias do grupo experimental continuam a ser inferiores.

Tabela 20

*Médias, Desvios Padrão, Mínimos e Máximos do Nível e Aspectos do Pensamento Crítico*

Grupo	Teste	Indução				Dedução				Observação e Credibilidade			
		<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max
Experimental	Pré	11.9	4.4	-0.8	23.5	7.2	6.1	-12.0	16.5	6.1	5.0	-7.5	15.0
Controlo		12.1	5.5	-3.5	23.5	8.9	6.7	-1.5	24.0	6.9	4.1	-1.5	15.0
Experimental	Pós	11.8	4.3	-2.0	21.0	9.8	5.9	-9.0	21.0	7.1	4.5	-4.5	19.5
Controlo		12.6	5.4	-5.0	22.0	11.3	6.6	-3.0	24.0	7.3	5.3	-3.0	19.5

*Nota.* Min=Mínimo. Max=Máximo.

Tabela 20 (continuação)

*Médias, Desvios Padrão, Mínimos e Máximos do Nível e Aspectos do Pensamento Crítico*

Grupo	Teste	Assumpções				Nível de Pensamento Crítico			
		<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max
Experimental	Pré	0.6	2.9	-5.0	5.5	25.8	11.3	-18.0	51.0
Controlo		1.3	3.5	-5.0	10.0	28.1	13.0	-1.5	58.5
Experimental	Pós	1.6	2.9	-5.0	7.0	29.0	11.5	0.0	49.5
Controlo		2.3	3.2	-3.5	8.5	31.5	13.6	1.5	64.5

*Nota.* Min=Mínimo. Max=Máximo.

Pode também notar-se que, entre o pré e o pós-teste, as médias do nível de pensamento crítico e dos aspectos dedução, observação e credibilidade e assumpções do grupo experimental

passaram a ser mais elevadas, enquanto a média em indução desceu. Para o grupo de controlo, as médias do nível e dos aspectos do pensamento crítico passaram a ser mais elevadas.

As médias e as medianas do nível e dos aspectos do pensamento crítico respeitantes ao pré e ao pós-teste dos grupos experimental e de controlo apresentam-se na tabela seguinte.

Tabela 21

*Médias e Medianas do Nível e Aspectos do Pensamento Crítico*

Grupo	Teste	Indução		Dedução		Observação e Credibilidade		Assumpções		Nível de Pensamento Crítico	
		<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>
Experimental	Pré	11.9	13.0	7.2	7.5	6.1	6.0	0.6	0.8	25.8	27.0
Controlo		12.1	12.8	8.9	9.0	6.9	7.5	1.3	1.0	28.1	27.0
Experimental	Pós	11.8	11.9	9.8	10.0	7.1	7.5	1.6	1.0	29.0	31.5
Controlo		12.6	13.0	11.3	12.0	7.3	7.5	2.3	2.2	31.5	30.8

Uma vez mais, privilegiou-se a leitura das medianas, visto que traduzem sem enviesamentos a tendência central das cotações dos sujeitos da amostra no nível e nos aspectos do pensamento crítico.

Constatam-se discrepâncias entre os valores das medianas e das médias na observação e credibilidade: no pré-teste, as medianas revelam que a diferença entre as cotações do grupo experimental e do grupo de controlo era mais acentuada do que as médias indicam. No pós-teste, as medianas dos dois grupos são idênticas, enquanto que as médias indicam que o grupo de controlo apresenta as cotações mais elevadas. Entre o pré e o pós-teste, as medianas mostram que no grupo de controlo as cotações se mantiveram, enquanto que as médias indicam que subiram.

Também no nível de pensamento crítico, no pré-teste, as medianas dos dois grupos mostram-se idênticas, enquanto que as médias indicam que as cotações do grupo experimental eram inferiores às do grupo de controlo. No pós-teste, as cotações do grupo experimental são mais elevadas do que as do grupo de controlo, ao contrário do que as médias indicam.

#### *4.2.4.2.2 Sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo nos grupos experimental e de controlo.*

Apresentam-se na tabela seguinte as cotações obtidas no pré e no pós-teste no desempenho na resolução de problemas pelos sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto

( $n=36$ ), baixo ( $n=38$ ) e pelos sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $n=30$ ) e baixo ( $n=34$ ). Indicam-se as médias, desvios padrão, mínimos e máximos do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos processos e dos produtos.

Tabela 22

*Médias, Desvios Padrão, Mínimos e Máximos na Resolução de Problemas*

Grupo	Nível Educa- cional	Teste	Cotação											
			Processos				Produtos				Global			
			<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max
Experimental	Alto	Pré	2.6	1.3	1.1	7.7	3.1	1.1	1.4	5.8	5.7	1.9	3.1	10.8
		Pós	3.1	1.4	1.5	7.7	4.1	1.0	1.9	5.2	7.1	1.8	4.4	12.8
	Baixo	Pré	2.7	1.2	1.0	4.9	2.6	1.0	1.2	4.8	5.3	1.8	2.4	8.8
		Pós	3.0	1.4	1.1	7.8	3.7	1.4	1.4	7.8	6.7	2.6	3.1	15.7
Controlo	Alto	Pré	3.3	1.1	1.3	6.0	3.0	0.9	1.8	5.3	6.3	1.3	4.1	8.9
		Pós	2.9	1.1	1.6	5.8	3.8	1.3	1.7	5.8	6.7	1.9	4.0	10.9
	Baixo	Pré	2.3	1.1	1.0	4.6	3.2	0.9	1.4	4.8	5.5	1.7	2.8	8.7
		Pós	2.5	1.0	1.1	4.5	3.8	1.3	1.8	6.9	6.3	1.9	2.9	11.1

*Nota.* Min=Mínimo. Max=Máximo.

Com base nos valores expressos nesta tabela pode observar-se que no pré-teste, as médias do desempenho na resolução de problemas dos sujeitos com pais de nível educacional alto eram superiores às dos sujeitos com pais de nível educacional baixo com duas excepções: a cotação dos processos, em que no grupo experimental, a média dos sujeitos com pais de nível educacional alto era inferior e a cotação dos produtos, em que no grupo de controlo, a média dos sujeitos com pais de nível educacional alto era inferior. No pós-teste, as médias dos sujeitos com pais de nível educacional alto apresentam-se mais elevadas, exceptuando a média das cotações dos produtos que no grupo de controlo, passaram a ser idênticas.

Pode ainda notar-se a partir da mesma tabela que, entre o pré e o pós-teste, as médias no desempenho na resolução de problemas dos sujeitos do grupo experimental tanto com pais de nível educacional alto, como baixo subiram. No grupo de controlo, a média da cotação dos processos dos sujeitos com pais de nível educacional alto desceu, enquanto a dos sujeitos com pais de nível educacional baixo subiu. As médias da cotação dos produtos e global subiram para os sujeitos com pais quer de nível educacional alto, quer baixo.



Na tabela que se segue apresentam-se as médias e as medianas do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos processos e dos produtos para os quatro grupos de sujeitos da amostra no pré e no pós-teste.

Tabela 23

*Médias e Medianas na Resolução de Problemas*

Grupo	Nível Educacional	Teste	Cotação					
			Processos		Produtos		Global	
			<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>
Experimental	Alto	Pré	2.6	2.1	3.1	3.0	5.7	5.5
		Pós	3.1	2.3	4.1	4.3	7.1	7.1
	Baixo	Pré	2.7	2.2	2.6	2.5	5.3	5.3
		Pós	3.0	2.4	3.7	3.9	6.7	6.3
Controlo	Alto	Pré	3.3	3.4	3.0	3.3	6.3	6.2
		Pós	2.9	2.5	3.8	4.2	6.7	6.5
	Baixo	Pré	2.3	2.1	3.2	3.4	5.5	5.3
		Pós	2.5	2.2	3.8	3.6	6.3	5.9

Focando-nos de novo na leitura das medianas, constata-se discrepâncias destas em relação às médias no pós-teste. No grupo experimental, as medianas revelam que as cotações dos processos dos sujeitos com pais de nível educacional baixo são superiores às dos sujeitos com pais de nível educacional alto, ao contrário do que as médias indicam. No grupo de controlo, as cotações dos produtos dos sujeitos com pais de nível educacional alto são superiores às dos sujeitos com pais de nível educacional baixo, embora as médias sejam idênticas.

Relativamente ao nível e aos aspectos do pensamento crítico, passam-se agora a apresentar na tabela que se segue as cotações obtidas no pré e no pós-teste pelos sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto ( $n=36$ ), baixo ( $n=38$ ) e pelos sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $n=30$ ) e baixo ( $n=34$ ).

São indicados nesta tabela os valores das médias, desvios padrão, mínimos e máximos para cada uma das variáveis. Pode observar-se que no pré-teste, as médias do nível e dos aspectos do pensamento crítico dos sujeitos com pais de nível educacional alto eram superiores às dos sujeitos com pais de nível educacional baixo exceptuando no aspecto *assumpções*, em que no grupo experimental, a média dos sujeitos com pais de nível educacional alto era inferior à dos sujeitos com pais de nível educacional baixo. No pós-teste, as médias dos sujeitos com pais de nível

educacional alto apresentam-se mais elevadas, exceptuando em dedução e em assumpções, em que no grupo experimental, as médias dos sujeitos com pais de nível educacional baixo são superiores.

Tabela 24

*Médias, Desvios Padrão, Mínimos e Máximos do Nível e Aspectos do Pensamento Crítico*

Grupo	Nível Educa- cional	Teste	Indução				Dedução				Observação e Credibilidade			
			<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max
Experimental	Alto	Pré	12.6	4.1	2.5	23.5	7.7	6.2	-12.0	16.5	6.6	5.5	-3.0	15.0
		Pós	12.3	4.3	1.0	21.0	9.6	6.4	-9.0	21.0	7.8	4.4	-3.0	19.5
	Baixo	Pré	11.3	4.7	-0.8	19.0	6.8	6.1	-12.0	16.5	5.6	4.5	-7.5	15.0
		Pós	11.4	4.3	-2.0	19.0	10.0	5.4	-1.5	18.0	6.5	4.5	-4.5	15.0
Controlo	Alto	Pré	13.4	5.7	-3.5	23.5	10.6	6.8	-1.5	24.0	8.0	3.9	-1.5	15.0
		Pós	14.4	5.0	4.0	22.0	12.4	7.1	-3.0	24.0	9.3	5.1	-1.5	19.5
	Baixo	Pré	11.0	5.1	-0.5	20.5	7.3	6.4	-1.5	21.0	6.0	4.1	-1.5	13.5
		Pós	11.1	5.3	-5.0	20.5	10.3	6.2	0.0	22.5	5.5	4.9	-3.0	15.0

*Nota.* Min=Mínimo. Max=Máximo.

Tabela 24 (continuação)

*Médias, Desvios Padrão, Mínimos e Máximos do Nível e Aspectos do Pensamento Crítico*

Grupo	Nível Educa- cional	Teste	Assumpções				Nível de Pensamento Crítico			
			<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>DP</i>	Min	Max
Experimental	Alto	Pré	0.6	3.0	-5.0	5.5	27.4	11.0	3.0	51.0
		Pós	1.6	3.1	-5.0	7.0	30.0	11.8	0.0	49.5
	Baixo	Pré	0.7	2.8	-5.0	5.5	24.3	11.6	-18.0	40.5
		Pós	1.5	2.7	-3.5	7.0	28.0	11.3	0.0	45.0
Controlo	Alto	Pré	2.2	3.5	-5.0	10.0	31.9	12.4	1.5	58.0
		Pós	2.0	3.4	-3.5	8.5	36.4	13.2	12.0	64.5
	Baixo	Pré	0.5	3.3	-5.0	8.5	24.6	12.8	-1.5	49.5
		Pós	2.5	2.9	-2.0	8.5	27.2	12.7	1.5	52.5

*Nota.* Min=Mínimo. Max=Máximo.

Pode ainda notar-se que entre o pré e o pós-teste, as médias do nível de pensamento crítico e em dedução subiram, mas esta tendência foi invertida nos restantes aspectos do pensamento crítico: em indução, no grupo experimental, a média dos sujeitos com pais de nível educacional alto diminuiu; em observação e credibilidade, no grupo de controlo, a média dos sujeitos com pais de

nível educacional baixo diminuíu e em assumpções, no grupo de controlo, a média dos sujeitos com pais de nível educacional alto diminuíu.

Passam-se a apresentar na tabela seguinte as médias e as medianas do nível e dos aspectos do pensamento crítico respeitantes ao pré e ao pós-teste dos sujeitos dos quatro grupos da amostra.

Tabela 25

*Médias e Medianas do Nível e Aspectos do Pensamento Crítico*

Grupo	Nível Educa- -cional	Teste	Indução		Dedução		Observação e Credibilidade		Assumpções		Nível de Pensamento Crítico	
			<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i>	<i>Mdn</i>
Experimental	Alto	Pré	12.6	13.0	7.7	7.7	6.6	7.5	0.6	0.8	27.4	28.0
		Pós	12.3	12.6	9.6	9.6	7.8	7.8	1.6	1.0	30.0	31.5
	Baixo	Pré	11.3	11.5	6.8	7.5	5.6	6.0	0.7	0.8	24.2	25.5
		Pós	11.4	11.5	10.0	11.2	6.5	6.2	1.5	1.2	28.0	30.8
Controlo	Alto	Pré	13.4	13.0	10.6	10.5	8.0	7.5	2.2	1.0	31.9	32.2
		Pós	14.4	14.5	12.4	13.0	9.3	9.0	2.0	1.5	36.4	36.2
	Baixo	Pré	11.0	11.5	7.3	7.4	6.0	6.0	0.5	-0.5	24.6	21.8
		Pós	11.1	11.5	10.3	10.5	5.5	4.5	2.5	2.5	27.2	24.0

Focando-nos de novo na leitura das medianas, constata-se várias discrepâncias entre estas e as médias. As medianas revelam que entre o pré e o pós-teste, no grupo experimental, as cotações em indução mantiveram-se para os sujeitos com pais de nível educacional baixo em vez de subirem, como indicam as médias. O mesmo aconteceu no grupo de controlo. Em assumpções, as cotações no grupo de controlo subiram para os sujeitos com pais de nível educacional alto, em vez de descenderem, como as médias indicam.

**4.2.4.3 Testagem das hipóteses do estudo.**

Foram testadas as seis hipóteses formuladas no estudo e enunciadas anteriormente, no capítulo 1, passando-se agora a descrever as diferentes análises efectuadas na sua testagem.

Dado que no estudo se utiliza um desenho quasi-experimental, tendo-se efectuado uma selecção não aleatória de sujeitos da amostra tornou-se necessário averiguar a equivalência inicial entre grupos quanto às variáveis dependentes do estudo, o desempenho na resolução de problemas e o nível e os aspectos do pensamento crítico.

#### 4.2.4.3.1 Equivalência inicial entre grupos.

Para poder testar as hipóteses do estudo, começou por se averiguar se, na situação inicial, os grupos experimental e de controlo eram equivalentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e quanto ao nível de pensamento crítico. Atendendo ao pressuposto da investigação de que estas duas variáveis se relacionam conceptualmente, considerou-se a possibilidade de usar uma análise de variância multivariada, *MANOVA*, já que esta ferramenta estatística de análise oferece a vantagem sobre análises univariadas de atenuar o risco de cometer erro do tipo I.

Teve-se em consideração que a literatura aconselha a usar a análise multivariada no caso das variáveis dependentes se revelarem moderadamente correlacionadas (Maroco, 2007; Pallant, 2003) e, concomitantemente, das correlações observadas serem semelhantes para os grupos a comparar (Field, 2005). Se apenas forem observadas correlações fracas entre as variáveis dependentes, é preferível efectuar análises univariadas.

A este propósito, Tabanick e Fidell (2007) explicam que a *MANOVA* “funciona bem” se as correlações entre as variáveis dependentes se revelarem fortes e negativas; e aceitavelmente, se se mostrarem moderadas em qualquer direcção. No caso de se observar uma correlação fraca entre as variáveis dependentes, a potência da *MANOVA* é atenuada porque a combinação linear das variáveis dependentes que lhe serve de base não maximiza a separação entre os grupos de acordo com os níveis da variável independente. Consequentemente, a análise multivariada feita nestas condições mostrará uma potência inferior à de análises univariadas, tais como a *ANOVA*.

A vantagem que a *MANOVA* oferece sobre a realização de uma série de *ANOVAs* é controlar o erro do tipo I. No entanto, no caso de não se dispôr das condições necessárias à utilização da *MANOVA*, o controlo do erro do tipo I pode ser assegurado mediante a aplicação da correcção de Bonferroni a cada série de *ANOVAs*. Com efeito e segundo Pallant, “(...) porque estamos a olhar para uma série de análises separadas, é sugerido que se estabeleça um nível de alfa mais restritivo para reduzir a probabilidade de cometer o erro do tipo I (...)” (p. 229). Segundo Tabanick e Fidell (2007), o uso de análises univariadas com recurso à correcção de Bonferroni não só permite assegurar o controlo do erro do tipo I como efectuar, eventualmente, uma análise mais conservativa do que a *MANOVA*.

Assim, começaram por se estudar as correlações entre o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico para o grupo experimental e para o grupo de controlo no pré-teste. As correlações observadas entre o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico revelaram-se fracas para o grupo experimental ( $r=0.20$ ) e para o grupo de controlo ( $r=0.10$ ). Visto que o desempenho na

resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico não se mostraram variáveis moderadamente correlacionadas, revelando correlações fracas, decidiu-se recorrer a técnicas estatísticas univariadas para comparar os dois grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e quanto ao nível de pensamento crítico. As ferramentas estatísticas adequadas a este caso seriam, de acordo com a literatura, o *t* teste ou a análise de variância *One-way ANOVA*.

A opção acabou por recair sobre o *t* teste de amostras independentes, já que este foi desenhado para analisar situações em que a manipulação da variável independente envolve uma condição experimental e um grupo de controlo; enquanto que a análise *One-way ANOVA* foi desenhada para permitir comparar dois ou mais grupos quanto a uma variável dependente, sendo a expressão “*One-way*” associada ao facto de se desejar averiguar o efeito de uma variável dependente sobre a variável independente (Field, 2005; Pallant, 2003). Deste modo, decidiu-se efectuar dois *t* testes de amostras independentes; um com a finalidade de comparar os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e outro, com a finalidade de comparar os grupos experimental e de controlo quanto ao nível de pensamento crítico.

Foi-se ainda averiguar se os grupos experimental e de controlo eram inicialmente equivalentes quanto a cada um dos aspectos do pensamento crítico. Tratando-se estes de variáveis relacionadas conceptualmente, ponderou-se usar uma MANOVA. Observaram-se as seguintes correlações entre os aspectos do pensamento crítico: entre a indução e a dedução, moderada ( $r=0.36$ ) no grupo experimental e forte ( $r=0.54$ ) no grupo de controlo; entre a observação e credibilidade e a dedução, fraca ( $r=0.16$ ) no grupo experimental e moderada ( $r=0.38$ ) no grupo de controlo; entre as assumpções e a dedução, forte ( $r=0.76$ ) no grupo experimental e forte ( $r=0.86$ ) no grupo de controlo; entre a indução e a observação e credibilidade, forte ( $r=0.56$ ) no grupo experimental e moderada ( $r=0.48$ ) no grupo de controlo; entre a indução e as assumpções, fraca ( $r=0.10$ ) no grupo experimental e moderada ( $r=0.40$ ) no grupo de controlo; entre a observação e credibilidade e as assumpções, muito fraca ( $r=0.09$ ) no grupo experimental e fraca ( $r=0.24$ ) no grupo de controlo.

Dado que os aspectos do pensamento crítico não se mostraram variáveis moderadamente correlacionadas em todos os casos, revelando algumas correlações fracas, optou-se por efectuar quatro *t* testes de amostras independentes, cada um com a finalidade de comparar os grupos experimental e de controlo quanto a um aspecto do pensamento crítico.

Seguidamente, foi-se averiguar se, dentro dos grupos experimental e de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo eram inicialmente equivalentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e ainda, quanto ao nível de pensamento

crítico. Compararam-se quanto a estas duas variáveis quatro grupos de sujeitos: a) grupo experimental, pais de nível educacional alto, b) grupo experimental, pais de nível educacional baixo, c) grupo de controlo, pais de nível educacional alto e d) grupo de controlo, pais de nível educacional baixo.

Considerou-se, novamente, a possibilidade de usar uma MANOVA para testar a equivalência inicial entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e quanto ao nível de pensamento crítico. Contudo, no grupo experimental, as correlações observadas entre o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico mostraram-se fracas para os sujeitos com pais de nível educacional alto ( $r=0.13$ ) e baixo ( $r=0.25$ ). No grupo de controlo, observou-se uma correlação moderada entre estas duas variáveis para os sujeitos com pais de nível educacional alto ( $r=0.30$ ) e fraca para os sujeitos com pais de nível educacional baixo ( $r=0.14$ ). Dado que o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico não se mostraram variáveis moderadamente correlacionadas em todos os casos, mostrando algumas correlações fracas, decidiu-se recorrer a duas ANOVAs; uma com a finalidade de comparar os quatro grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e a outra, para comparar os quatro grupos quanto ao nível de pensamento crítico.

Mais concretamente, optou-se pela análise univariada One-way ANOVA pois desejava-se comparar, simultaneamente, quatro grupos quanto a cada uma das variáveis dependentes. Esta ferramenta estatística de análise oferece a vantagem de atenuar a probabilidade de cometer o erro do tipo I em relação à realização de vários  $t$  testes. Nomeadamente, se em vez de uma ANOVA efectuássemos seis  $t$  testes para comparar os quatro grupos dois a dois quanto a cada uma das variáveis dependentes, a probabilidade de cometer o erro do tipo I aumentaria de 5.0% para 26.5%, limite superior ao critério aceite pela investigação educacional (Field, 2005).

Por último, foi-se averiguar se os quatro grupos eram inicialmente equivalentes quanto aos aspectos do pensamento crítico. Ponderou-se novamente usar uma MANOVA, tendo-se observado as seguintes correlações entre os aspectos do pensamento crítico: entre a indução e a dedução, moderada para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto ( $r=0.32$ ) e baixo ( $r=0.38$ ), moderada para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $r=0.42$ ) e forte para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional baixo ( $r=0.62$ ). Entre a indução e a observação e credibilidade, moderada para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto ( $r=0.45$ ), forte para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional baixo ( $r=0.67$ ), fraca para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $r=0.24$ ) e forte para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional baixo ( $r=0.64$ ). Entre a indução e as assumpções, fraca para os sujeitos do grupo

experimental com pais de nível educacional alto ( $r=0.24$ ), muito fraca para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional baixo ( $r=0.01$ ) e moderada para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $r=0.36$ ) e baixo ( $r=0.39$ ). Entre a dedução e a observação e credibilidade, muito fraca para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto ( $r=0.06$ ), fraca para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional baixo ( $r=0.26$ ) e para os sujeitos do grupo do controlo com pais de nível educacional alto ( $r=0.22$ ) e moderada para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional baixo ( $r=0.45$ ). Entre a dedução e as assumpções, forte para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto ( $r=0.80$ ), baixo ( $r=0.74$ ) e para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $r=0.89$ ) e baixo ( $r=0.82$ ). Entre a observação e credibilidade e as assumpções, fraca para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto ( $r=0.22$ ), muito fraca para os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional baixo ( $r=0.07$ ) e fraca para os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto ( $r=0.13$ ) e baixo ( $r=0.26$ ).

Dado que os aspectos do pensamento crítico não se mostraram variáveis moderadamente correlacionadas em todos os casos, revelando algumas correlações fracas, optou-se por efectuar quatro One-way ANOVAs, cada uma com a finalidade de comparar os quatro grupos quanto a cada um dos aspectos do pensamento crítico.

Descrevem-se a seguir as análises acabadas de referir para averiguar a equivalência inicial entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas, quanto ao nível e quanto aos aspectos do pensamento crítico.

#### *Equivalência inicial entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas.*

Aborda-se, nesta secção, a testagem da primeira e quarta hipóteses do estudo. Com a finalidade de testar a primeira hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, começou por se averiguar através de um  $t$  teste de amostras independentes se os grupos experimental e de controlo eram inicialmente equivalentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global pois, conforme se pôde ver na tabela 18, na situação inicial o grupo experimental apresentava uma média inferior à do grupo de controlo.

Verificou-se que a diferença observada não era suficientemente grande para ser estatisticamente significativa. Os grupos experimental e de controlo eram inicialmente equivalentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global, uma vez que  $t(136)=1.27$ ,  $p=0.21$ . A magnitude do efeito era pequena,  $\eta^2=0.01$ .

No âmbito da testagem da primeira hipótese refinou-se a análise, tendo-se averiguado a equivalência inicial dos grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos, pois na situação inicial o grupo experimental apresentava médias inferiores às do grupo de controlo nestas duas variáveis (tabela 18).

Optou-se por efectuar dois  $t$  testes de amostras independentes em vez de usar uma MANOVA, pois apesar dos processos e dos produtos inerentes ao desempenho na resolução de problemas serem variáveis relacionadas conceptualmente, não se mostraram moderadamente correlacionadas, tendo revelado correlações fracas.

Os  $t$  testes efectuados revelaram que os grupos experimental e de controlo eram inicialmente equivalentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos. Relativamente aos processos,  $t(136)=0.51$ ,  $p=0.61$ ; a magnitude do efeito era pequena,  $\eta^2=0.00$ . No caso dos produtos,  $t(136)=1.54$ ,  $p=0.13$ ; a magnitude do efeito era pequena,  $\eta^2=0.02$ .

Para testar a quarta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades de resolução de problemas sobre o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, foi-se averiguar a equivalência inicial dos sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo dentro dos grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

Recorreu-se a uma One-way ANOVA que permitiu comparar, simultaneamente, os quatro grupos de sujeitos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

Conforme se pôde ver na tabela 22, na situação inicial os sujeitos da amostra com pais de nível educacional alto apresentavam as médias mais elevadas. Os resultados da ANOVA efectuada, apresentados na tabela seguinte, indicam se estas diferenças eram suficientemente grandes para serem estatisticamente significativas para o valor de alfa inferior ou igual a 0.05 depois de ajustado segundo a correcção de Bonferroni.

Tabela 26

*Diferenças Iniciais entre os Quatro Grupos quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido na Cotação Global*

Fonte de Variância	<i>G.L.</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Grupo	(3, 134)	1.98	0.04	0.12
Erro intra-grupo		(2.95)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros.



A partir dos valores expressos nesta tabela, pode observar-se que os quatro grupos eram inicialmente equivalentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global. A magnitude do efeito era pequena.

No âmbito da testagem da quarta hipótese, refinou-se a análise, tendo-se averiguado a equivalência inicial entre os quatro grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos.

Optou-se por efectuar duas One-way ANOVAs em vez de usar uma MANOVA, pois apesar dos processos e dos produtos inerentes ao desempenho na resolução de problemas serem variáveis relacionadas conceptualmente, não se mostraram moderadamente correlacionadas, tendo revelado correlações fracas. Estas duas análises univariadas permitiram comparar, simultaneamente, os quatro grupos de sujeitos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos.

Conforme se pôde observar na tabela 22, na situação inicial, no grupo experimental, os sujeitos com pais de nível educacional alto apresentavam a média mais baixa na cotação dos processos e mais elevada na cotação dos produtos. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto apresentavam a média mais elevada na cotação dos processos e mais baixa na cotação dos produtos. Os resultados das ANOVAs efectuadas, apresentadas tabela seguinte, mostram se estas diferenças eram suficientemente grandes para serem estatisticamente significativas para o valor de alfa 0.05 ajustado de acordo com a correcção de Bonferroni.

Os valores expressos nesta tabela indicam que os quatro grupos não eram inicialmente equivalentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. A magnitude do efeito era moderada.

Pretendendo-se discriminar quais, de entre os grupos, eram os que diferiam estatisticamente, recorreu-se a um teste post-hoc de comparações múltiplas. De acordo com a literatura (Field, 2005; Pallant, 2003), os testes post-hoc são conservativos em termos dos critérios de significância, pelo que oferecem a vantagem de reduzir a probabilidade de cometer o erro do tipo I; contudo, são testes pouco potentes; ou seja, a probabilidade de se cometer o erro do tipo II pode aumentar. De entre os vários testes disponibilizados pelo programa estatístico utilizado, optou-se pelo teste de Scheffé por ser um dos mais usados quando se pretende, como é o caso, comparar um número reduzido de grupos (Maroco, 2007) e por ser um dos que melhor controlam o risco de cometer o erro do tipo I (Pallant, 2003).

Os resultados do teste de Scheffé revelaram que no grupo de controlo, a média do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos dos sujeitos com pais de nível educacional alto diferia estatisticamente da dos sujeitos com pais de nível educacional baixo, pois  $p=0.02$ . Os sujeitos com pais de nível educacional alto apresentavam uma média

significativamente mais elevada. Esta tendência não se revelou no grupo experimental, pois  $p=0.98$ . Neste grupo, os sujeitos com pais de nível educacional alto apresentavam uma média mais baixa, mas que não diferia estatisticamente da dos sujeitos com pais de nível educacional baixo.

Tabela 27

*Diferenças Iniciais entre os Quatro Grupos quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido nos Processos e nos Produtos*

Resolução de Problemas	Fonte de Variância	G.L.	F	$\eta^2$	P
Processos	Grupo	(3, 134)	3.54*	0.07	0.02
	Erro intra-grupo		(1.44)		
Produtos	Grupo	(3, 134)	2.25	0.05	0.08
	Erro intra-grupo		(1.01)		

*Nota.* Os valores entre parêntesis representam médias dos quadrados dos erros.

\* $p < 0.05$ .

A partir dos valores expressos na tabela 27, pode também observar-se que em termos do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, os quatro grupos eram inicialmente equivalentes pois  $p=0.08$ ; a magnitude do efeito era pequena. Este valor de significância poderia indiciar que os quatro grupos diferiam estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. Se assumíssemos a não equivalência entre grupos, recorrendo ao teste de Scheffé poder-se-iam discriminar quais os grupos que diferiam. Contudo, para reduzir a probabilidade de cometer o erro do tipo I, havia-se restringido o valor de alfa 0.10 para 0.05 de acordo com a correcção de Bonferroni. Deste modo, não se pode admitir que os quatro grupos diferiam estatisticamente e por esta razão, deixou de fazer sentido recorrer ao teste de comparações múltiplas.

*Equivalência inicial entre grupos quanto ao nível e quanto aos aspectos do pensamento crítico.*

Nesta secção, aborda-se a testagem da segunda, terceira, quinta e sexta hipóteses do estudo.

Para testar a segunda hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o nível de pensamento crítico dos alunos*, averiguou-se através de um *t* teste de amostras independentes a equivalência inicial entre os grupos experimental e de controlo quanto ao nível de

pensamento crítico. Conforme se pôde observar na tabela 21, na situação inicial o grupo experimental apresentava a média mais baixa.

A diferença observada não era suficientemente grande para ser estatisticamente significativa. Com efeito, o  $t$  teste efectuado revelou que os grupos experimental e de controlo eram inicialmente equivalentes quanto ao nível de pensamento crítico, pois  $t(136)=1.09$ ,  $p=0.28$ . A magnitude do efeito era pequena,  $\eta^2=0.01$ .

Desejando-se testar a terceira hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam*, averiguou-se a equivalência inicial entre os grupos experimental e de controlo quanto a cada um dos aspectos do pensamento crítico através de quatro  $t$  testes de amostras independentes. Conforme se pôde ver na tabela 21, na situação inicial o grupo experimental apresentava as médias mais baixas.

Contudo, as diferenças observadas não eram suficientemente grandes para que os grupos diferissem estatisticamente. De facto, os  $t$  testes efectuados mostraram que os grupos experimental e de controlo eram inicialmente equivalentes quanto aos aspectos do pensamento crítico, pois para a indução,  $t(136)=0.22$ ,  $p=0.83$ ,  $\eta^2=0.00$ ; para a dedução,  $t(136)=1.49$ ,  $p=0.14$ ,  $\eta^2=0.02$ ; para a observação e credibilidade,  $t(136)=1.02$ ,  $p=0.31$ ,  $\eta^2=0.01$ ; e para as assumpções,  $t(136)=1.23$ ,  $p=0.22$ ,  $\eta^2=0.01$ . A magnitude dos efeitos era pequena.

Pretendendo-se testar a quinta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades de resolução de problemas sobre o nível de pensamento crítico dos alunos*, averiguou-se a equivalência inicial dos sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo dentro dos grupos experimental e de controlo quanto ao nível de pensamento crítico.

Recorreu-se a uma One-way ANOVA que permitiu comparar, simultaneamente, os quatro grupos de sujeitos quanto ao nível de pensamento crítico.

Conforme se pôde ver na tabela 24, na situação inicial os sujeitos da amostra com pais de nível educacional alto apresentavam as médias mais elevadas. Os resultados da ANOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se estas diferenças eram suficientemente grandes para serem estatisticamente significativas para o valor de alfa ajustado 0.05 de acordo com a correcção de Bonferroni.

Os valores expressos nesta tabela indicam que os quatro grupos não eram inicialmente equivalentes quanto ao nível de pensamento crítico, pois  $p=0.04$ . A magnitude do efeito era moderada.

Pretendendo-se identificar, de entre os quatro grupos, quais os que diferiam estatisticamente quanto ao nível de pensamento crítico, recorreu-se ao teste post-hoc de Scheffé. Os resultados deste teste revelaram que afinal, os quatro grupos eram inicialmente equivalentes quanto a esta variável dependente uma vez que  $p=0.08$ . Uma vez que se havia restringido usando a correcção de

Bonferroni o valor de alfa de 0.10 para 0.05, não se pode admitir que os quatro grupos diferiam estatisticamente.

Tabela 28

*Diferenças Iniciais entre os Quatro Grupos quanto ao Nível de Pensamento Crítico*

Fonte de Variância	<i>G.L.</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Grupo	(3, 134)	2.82*	0.06	0.04
Erro intra-grupo		(142.43)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros.

\* $p < 0.05$ .

Para testar a sexta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades de resolução de problemas sobre os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam*, averiguou-se a equivalência inicial entre os quatro grupos quanto aos aspectos do pensamento crítico através de quatro One-way ANOVAs..

Conforme se pôde observar na tabela 24, na situação inicial os sujeitos da amostra com pais de nível educacional alto apresentavam as médias mais elevadas. A excepção a esta tendência observou-se no aspecto *assumpções*, em que os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto apresentavam a média mais baixa. Os resultados das ANOVAs efectuadas, mostrados na tabela seguinte, indicam se estas diferenças eram suficientemente grandes para serem estatisticamente significativas para o valor de alfa 0.025 ajustado usando a correcção de Bonferroni.

Tabela 29

*Diferenças Iniciais entre os Quatro Grupos quanto aos Aspectos do Pensamento Crítico*

Aspectos do pensamento crítico	Fonte de Variância	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Indução	Grupo	1.66	0.04	0.18
	Erro intra-grupo	(23.91)		
Dedução	Grupo	2.34	0.05	0.08
	Erro intra-grupo	(40.29)		
Observação e Credibilidade	Grupo	1.58	0.03	0.20
	Erro intra-grupo	(21.15)		
Assumpções	Grupo	1.93	0.04	0.13
	Erro intra-grupo	(9.94)		

*Nota.* Os valores entre parêntesis representam médias dos quadrados dos erros. *GL*=(3, 134).

A partir dos valores expressos nesta tabela, verifica-se que os quatro grupos eram inicialmente equivalentes quanto aos aspectos do pensamento crítico. A magnitude dos efeitos era pequena. O valor  $p=0.08$  poderia indiciar que os quatro grupos diferiam estatisticamente em dedução.

Contudo, uma vez que se havia restringido o valor de alfa para 0.025, não se pode admitir que os quatro grupos diferiam estatisticamente quanto à dedução e assim, não se recorreu ao teste de Scheffé.

#### 4.2.4.3.2 *Análise da situação final.*

De acordo com as tomadas de decisão já anteriormente descritas e com a finalidade de testar a primeira hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o desempenho na resolução de problemas dos alunos* e a segunda hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o nível de pensamento crítico dos alunos*, estudaram-se as correlações entre o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico.

Dado que o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico não se mostraram variáveis moderadamente correlacionadas nos dois grupos, revelando-se uma das correlações fraca, em vez de se efectuar uma MANOVA, recorreu-se à análise de covariância *One-way ANCOVA*.

A decisão de recorrer à análise de covariância em vez de efectuar  $t$  testes de amostras independentes para comparar os grupos experimental e de controlo quanto às variáveis dependentes foi tomada porque na situação inicial, o grupo experimental apresentava médias mais baixas do que o grupo de controlo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global, e no nível de pensamento crítico. Ora segundo Gall et al. (2007), a principal ameaça à validade interna do desenho quasi-experimental de grupo de controlo não equivalente são as diferenças iniciais entre grupos quanto a variáveis dependentes pois deste modo, os ganhos observados poderão ser atribuídos a estas diferenças, em vez de serem atribuídos ao programa de intervenção.

Uma forma de evitar a ameaça à validade interna acabada de descrever é recorrer à ANCOVA, já que esta ferramenta estatística de análise reduz os desvios iniciais entre grupos quanto às variáveis dependentes, testando as diferenças entre eles no pós-teste a partir de médias estimadas; isto é, de médias que se observariam se todos os sujeitos tivessem as mesmas cotações no pré-teste (Gall et al., 2007; Pallant, 2003). Este atributo da ANCOVA torna-a uma ferramenta estatística frequentemente usada quando se trabalha com o desenho quasi-experimental de grupo de

controle não equivalente (Gall et al., 2007; Pallant, 2003 Tabanick e Fidell, 2007), como é o caso deste estudo.

A ANCOVA é considerada como uma extensão da ANOVA. A diferença entre as duas ferramentas estatísticas reside no facto de a ANCOVA ajustar as médias das variáveis dependentes no pós-teste àquelas que resultariam se todos os sujeitos tivessem inicialmente cotações iguais nessas variáveis, bem como noutras variáveis contínuas, suspeitas de influenciarem as médias finais das variáveis dependentes, designadas por *covariáveis*.

As covariáveis são, portanto, variáveis contínuas que devem ser medidas previamente, garantindo-se que não são influenciadas pelo programa de intervenção. Para além disso, as covariáveis devem correlacionar-se com as variáveis dependentes; segundo Pallant (2003) “Se só existir uma relação muito fraca entre as covariáveis e a variável dependente, pode ser necessário usar covariáveis alternativas. Não há motivo para controlar uma variável, se esta não estiver relacionada com a variável dependente” (p. 241).

Nestas condições, o que a ANCOVA faz é remover a influência das covariáveis através de regressão, efectuando depois uma análise de variância sobre as médias estimadas das variáveis dependentes. Se as covariáveis forem afectadas pelo programa de intervenção, ao remover o seu efeito, a ANCOVA também remove uma parte do efeito da intervenção, reduzindo a probabilidade de obter resultados significativos. Desde que o declive da recta de regressão entre cada variável dependente e cada covariável seja diferente de zero, este procedimento reduz o termo da soma dos quadrados dos erros, pois este passa a ser baseado nos desvios (mais precisamente, na soma dos seus quadrados) das cotações às rectas de regressão calculadas pela ANCOVA para cada grupo, em vez de ser baseado nos desvios calculados pela ANOVA entre as cotações e as médias de cada grupo nas variáveis dependentes. Deste modo, a potência do teste  $F$  pode ser aumentada. Optou-se, assim, por usar a ANCOVA porque desta forma, tornou-se possível assegurar que os ganhos observados no grupo experimental não pudessem ser imputados a diferenças iniciais nas covariáveis, em vez de serem atribuídos ao programa de intervenção.

Tem-se, no entanto, consciência que se deve ser cauteloso ao fazer inferências com base nos resultados obtidos através da ANCOVA. Removendo-se diferenças pré-existent entre grupos quanto às covariáveis, então presumivelmente as únicas diferenças que subsistiriam seriam as relacionadas com os efeitos do programa de intervenção. No entanto, tal como Tabanick e Fidell (2007) alertam, as diferenças observadas poderão eventualmente ser imputadas a outras variáveis, para além do programa de intervenção, que não terão sido consideradas como covariáveis. Deste modo, não é possível extrair implicações de causalidade a partir dos resultados da ANCOVA aplicada a um modelo quasi-experimental, muito embora a contribuição das covariáveis melhore a previsão das variáveis dependentes.

Para além das assumções da ANOVA (normalidade das distribuições, homogeneidade da variância), o uso da ANCOVA pressupõe a fiabilidade da medição das covariáveis, que deve ser efectuada através de instrumentos validados e fiáveis, a linearidade da relação entre as covariáveis, bem como entre estas e as variáveis dependentes e a homogeneidade dos declives de regressão nos grupos a comparar. Assim, ao fazer-se a selecção das covariáveis para as duas ANCOVAs que se usaram na testagem da primeira e da segunda hipóteses, averiguou-se o cumprimento das assumções acabadas de mencionar.

Para testar a terceira hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam*, estudaram-se as correlações entre os aspectos do pensamento crítico.

Dado que os aspectos do pensamento crítico não se mostraram variáveis moderadamente correlacionadas em todos os casos, revelando algumas correlações fracas, optou-se por efectuar quatro ANCOVAs em vez de uma MANOVA. Foi verificado o cumprimento das assumções da análise de covariância ao fazer-se a selecção das covariáveis em cada uma das quatro análises efectuadas.

Pretendendo-se testar a quarta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades de resolução de problemas sobre o desempenho na resolução de problemas dos alunos* e a quinta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades de resolução de problemas sobre o nível de pensamento crítico dos alunos*, compararam-se simultaneamente os quatro grupos de sujeitos quanto desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e quanto ao nível de pensamento crítico.

Tendo-se estudado as correlações entre o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e o nível de pensamento crítico, estas duas variáveis não se mostraram moderadamente correlacionadas em todos os casos revelando algumas correlações fracas. Assim, não se efectuou uma MANOVA, mas optou-se por efectuar duas ANCOVAs. Foi verificado o cumprimento das assumções da análise de covariância ao fazer-se a selecção das covariáveis para cada uma das duas análises efectuadas.

Pretendendo-se testar a sexta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades de resolução de problemas sobre os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam*, estudaram-se as correlações entre os aspectos do pensamento crítico.

Dada que os aspectos do pensamento crítico não se mostraram variáveis moderadamente correlacionadas em todos os casos, mostrando algumas correlações fracas, optou-se por efectuar quatro ANCOVAs em vez de uma MANOVA. Foi verificado o cumprimento das assumções da análise de covariância ao fazer-se a selecção das covariáveis em cada uma das quatro análises efectuadas.

Descrevem-se a seguir as análises acabadas de referir, efectuadas para comparar os grupos considerados na amostra, no final da intervenção, quanto ao desempenho na resolução de problemas, quanto ao nível e quanto aos aspectos do pensamento crítico.

*Diferenças entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas.*

Nos mesmos moldes com que se tratou a equivalência inicial entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas, dá-se conta nesta secção, da testagem da primeira e quarta hipóteses do estudo.

De acordo com a primeira hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, averiguou-se se os grupos experimental e de controlo diferem estatisticamente no pós-teste quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global através de uma ANCOVA.

Considerou-se a possibilidade de usar como covariável o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global, no pré-teste. Verificou-se, contudo, o não cumprimento de uma das suposições da ANCOVA. Com efeito, a relação entre o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global no pós-teste (variável dependente) e no pré-teste (covariável) não se mostrou semelhante para os grupos experimental e de controlo, observando-se uma interacção estatisticamente significativa entre a covariável e os dois níveis da variável independente. Ou seja, não foi cumprida a suposição da homogeneidade dos declives de regressão. Deste modo, não se pôde considerar como covariável o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global no pré-teste.

Averiguou-se da possibilidade de usar como covariáveis o desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos, no pré-teste. Constatou-se que o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos no pré-teste era a única variável que cumpria as suposições da ANCOVA para se poder usar como covariável.

A ANCOVA efectuada permitiu comparar o grupo experimental e o grupo de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global no pós teste depois de controlado o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos, no pré-teste.

Conforme se pôde ver na tabela 18 no final da intervenção, o grupo experimental apresenta a média mais elevada no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global. Os resultados da ANCOVA efectuada, apresentados na tabela seguinte, indicam se esta diferença era suficientemente grande para ser estatisticamente significativa para o valor de alfa ajustado 0.05, de acordo com a correcção de Bonferroni.



Tabela 30

*Diferenças entre os Grupos Experimental e de Controlo quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido na Cotação Global no Final da Intervenção*

Fonte de Variância	G.L.	F	$\eta^2$ parcial	p
Grupo	(1, 135)	1.57	0.01	0.21
Erro		(4.20)		

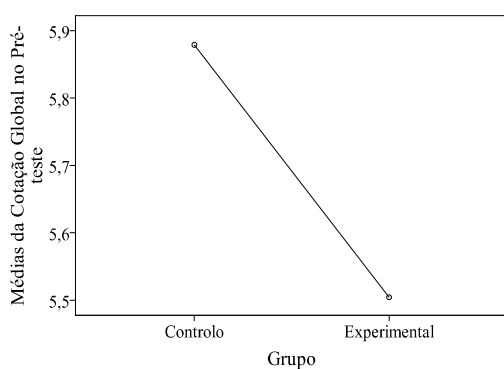
*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com a covariável não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

A partir dos valores expressos nesta tabela, pode observar-se que no final da intervenção, os grupos experimental e de controlo não diferem estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global. A magnitude do efeito é pequena.

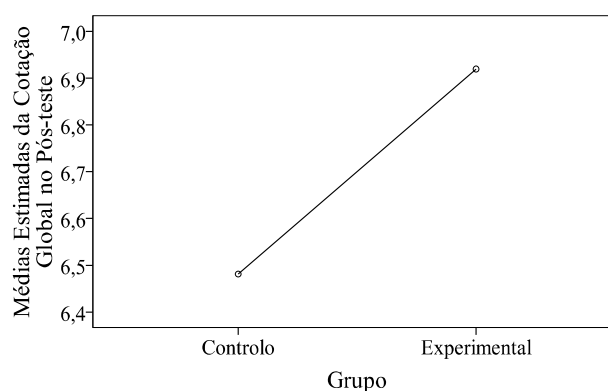
As duas figuras que se seguem mostram as médias observadas no pré-teste e as médias estimadas no pós-teste para os dois grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

Conforme se pode observar na figura 2, na situação inicial o grupo experimental apresentava uma média inferior à do grupo de controlo. Tal como mostra a figura 3, no final da intervenção é o grupo experimental que apresenta a média mais elevada. Assim, observa-se uma inversão relativamente à tendência inicial dos grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

**Figuras 2 e 3.** Médias da Cotação Global em Resolução de Problemas para o Grupo Experimental e para o Grupo de Controlo



*Figura 2.* Médias da cotação global em resolução de problemas no pré-teste.



*Figura 3.* Médias estimadas da cotação global em resolução de problemas no pós-teste.

No âmbito da testagem da primeira hipótese, refinou-se a análise averiguando-se se, no final da intervenção, os grupos experimental e de controlo diferem estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos.

Optou-se por recorrer a duas ANCOVAs em vez de usar uma MANOVA, pois o desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações processos e dos produtos não se mostraram moderadamente correlacionados nos dois grupos, tendo revelado uma das correlações forte.

Elegeram-se como covariável o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, no pré-teste, visto ter-se verificado que cumpria as assumções da ANCOVA.

A ANCOVA efectuada permitiu, assim, comparar os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos no pós-teste depois de controlado o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos no pré-teste.

Conforme se pôde ver na tabela 18, o grupo experimental é o que apresenta, no final da intervenção, as médias mais elevadas no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Os resultados da ANCOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se esta diferença era suficientemente grande para ser estatisticamente significativa para o valor de alfa ajustado 0.05 segundo a correcção de Bonferroni.

Pode notar-se, a partir dos valores expressos nesta tabela, que os grupos experimental e de controlo diferiam estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. O grupo experimental apresenta uma média significativamente mais elevada. A magnitude do efeito é pequena.

Tabela 31

*Diferenças entre os Grupos Experimental e de Controlo quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido nos Processos no Final da Intervenção*

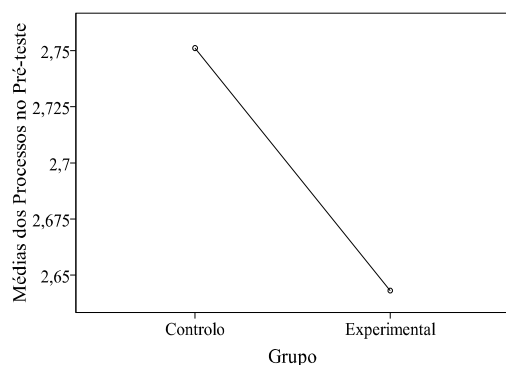
Fonte de Variância	G.L.	F	$\eta^2$ parcial	p
Grupo	(1, 135)	3.87*	0.03	0.05
Erro		(1.43)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com a covariável não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

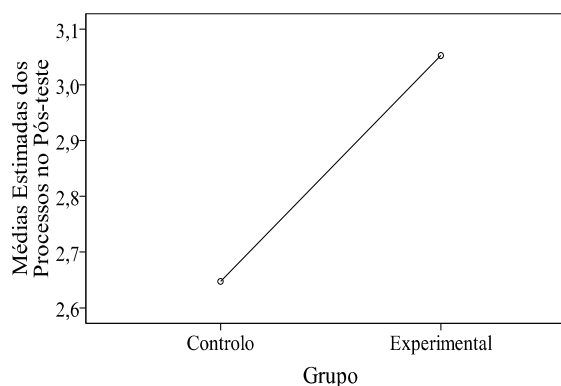
\*  $p < 0.05$ .

As duas figuras que se seguem mostram as médias observadas no pré-teste e as médias estimadas no pós-teste para os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos.

**Figuras 4 e 5.** Médias da Cotação dos Processos em Resolução de Problemas para o Grupo Experimental e para o Grupo de Controlo



*Figura 4.* Médias da cotação dos processos em resolução de problemas no pré-teste.



*Figura 5.* Médias estimadas da cotação dos processos em resolução de problemas no pós-teste.

Conforme mostra a figura 4, na situação inicial o grupo experimental apresentava a média mais baixa. Conforme pode observar-se na figura 5, no final da intervenção o grupo experimental passou a apresentar a média mais elevada. Assim, observa-se uma inversão relativamente à tendência inicial dos dois grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos.

Com a finalidade de comparar os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos recorrendo a uma ANCOVA, considerou-se como covariável o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global no pré-teste visto que cumpria as assumpções da ANCOVA.

A ANCOVA que se efectuou permitiu comparar os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos no pós-teste depois de controlado o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global, no pré-teste.

Tal como se viu na tabela 18, o grupo experimental é o que apresenta, no final da intervenção, as médias mais elevadas no desempenho na resolução de problemas traduzido na

cotação dos produtos. Os resultados da ANCOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se esta diferença era suficientemente grande para ser estatisticamente significativa para o valor de alfa ajustado 0.05 segundo a correcção de Bonferroni.

Tabela 32

*Diferenças entre os Grupos Experimental e de Controlo quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido nos Produtos no Final da Intervenção*

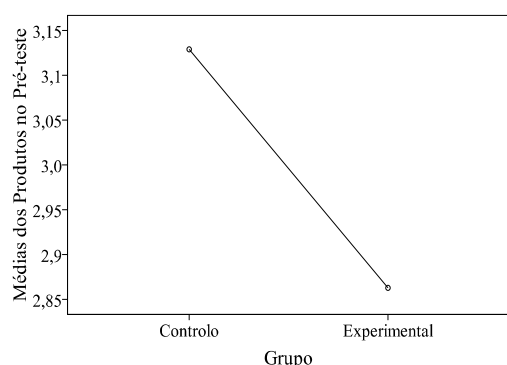
Fonte de Variância	G.L.	F	$\eta^2$ parcial	p
Grupo	(1, 135)	0.31	0.00	0.58
Erro		(1.45)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com a covariável não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

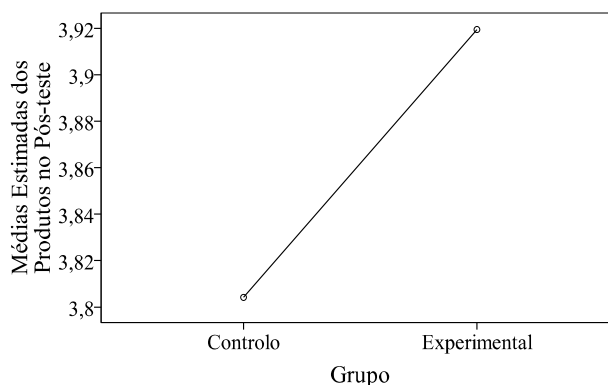
A partir dos valores expressos nesta tabela pode observar-se que, no final da intervenção, os grupos experimental e de controlo não diferem estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. A magnitude do efeito é pequena.

As duas figuras que se seguem mostram as médias observadas no pré-teste e as médias estimadas no pós-teste para os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos.

**Figuras 6 e 7.** Médias da Cotação dos Produto em Resolução de Problemas para o Grupo Experimental e para o Grupo de Controlo



*Figura 6.* Médias da cotação dos produtos em resolução de problemas no pré-teste.



*Figura 7.* Médias estimadas da cotação dos produtos em resolução de problemas no pós-teste.

De acordo com a figura 6, na situação inicial o grupo experimental apresentava a média mais baixa. Conforme pode observar-se a partir da figura 7, no final da intervenção o grupo experimental passou a apresentar a média mais elevada. Assim, observa-se uma inversão entre grupos quanto às médias do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos entre a situação inicial e o final da intervenção.

Com a finalidade de facilitar o estabelecimento de comparações entre a situação inicial e o final da intervenção, efectuaram-se seis *t*-testes de amostras emparelhadas para averiguar os ganhos dos dois grupos.

Mostram-se na tabela seguinte os ganhos obtidos pelo grupo experimental e pelo grupo de controlo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e nas cotações dos processos e dos produtos entre o início e o final da intervenção.

A partir dos valores expressos nesta tabela, pode notar-se que entre a situação inicial e o final da intervenção, o grupo experimental mostrou ganhos estatisticamente significativos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e nas cotações dos processos e dos produtos. O grupo de controlo mostrou ganhos estatisticamente significativos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos, mas não na cotação dos processos.

Observou-se no grupo experimental uma magnitude do efeito grande no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos e, moderada na cotação dos processos. No grupo de controlo, observou-se uma magnitude do efeito grande no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, moderada na cotação global e pequena na cotação dos processos.

Tabela 33

*Ganhos dos Grupos Experimental e de Controlo no Desempenho na Resolução de Problemas entre a Situação Inicial e o Final da Intervenção*

Grupo	Cotação na Resolução de Problemas	<i>G.L.</i>	<i>t</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Experimental ( <i>n</i> =74)	Global	73	5.79	0.31	0.00
	Processos	73	2.20	0.06	0.03
	Produtos	73	7.87	0.46	0.00
Controlo ( <i>n</i> =64)	Global	63	2.14	0.07	0.04
	Processos	63	-0.27	0.00	0.79
	Produtos	63	3.63	0.17	0.00

Pretendendo-se testar a quarta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades de resolução de problemas sobre o desempenho na resolução de problemas dos alunos* averiguou-se se, dentro dos grupos experimental e de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo diferem estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global através de uma ANCOVA.

Seleccionaram-se como covariáveis o desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos no pré-teste, pois cumpriam as assumpções da ANCOVA. Uma vez que neste caso se elegeram duas covariáveis, foi necessário averiguar como se correlacionavam e se a relação entre elas era linear. Isto porque, desejando-se reduzir o erro na variância, cada uma das covariáveis deveria contribuir com o seu peso para a regressão. No caso de se revelarem fortemente correlacionadas ( $r=0.80$ ), cada uma das covariáveis não estaria a adicionar ajustamento sobre a outra na variável dependente (Pallant, 2003). Para além disso, segundo Tabanick e Fidell (2007), covariáveis fortemente relacionadas ( $r > 0.70$ ) devem ser consideradas redundantes e eliminadas da análise, pois causam dificuldade de processamento informático se forem singulares ou multicolineares.

Tendo-se verificado que o desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos no pré-teste cumpriam os pressupostos acabados de mencionar, adoptaram-se como covariáveis.

A ANCOVA efectuada permitiu comparar, simultaneamente, os quatro grupos de sujeitos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global no pós-teste, depois de controlado o desempenho na resolução de problemas traduzido nos processos e nos produtos, no pré-teste.

Conforme se pôde ver na tabela 22, os sujeitos da amostra com pais de nível educacional alto são os que apresentam, no final da intervenção, as médias mais elevadas no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

Os resultados da ANCOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se esta diferença era suficientemente grande para ser estatisticamente significativa para o valor de alfa ajustado 0.05 segundo a correcção de Bonferroni.

A partir dos valores expressos nesta tabela verifica-se que, após a intervenção, os quatro grupos não são estatisticamente diferentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global. A magnitude do efeito é pequena.

Tabela 34

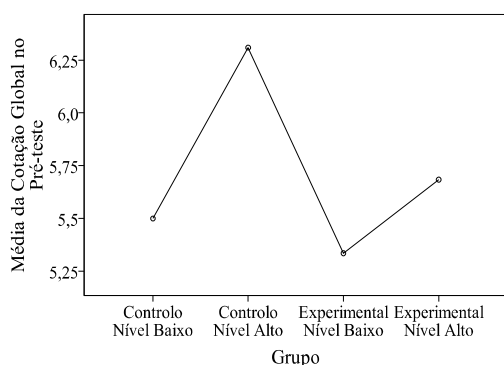
*Diferenças entre os Quatro Grupos quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido na Cotação Global no Final da Intervenção*

Fonte de Variância	<i>G.L.</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Grupo	(3, 132)	1.28	0.03	0.28
Erro intra-grupo		(3.79)		

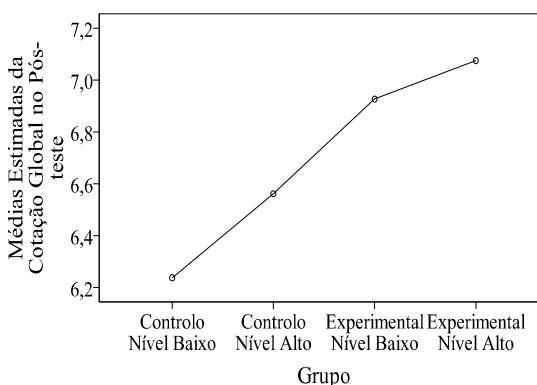
*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com as covariáveis não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

As duas figuras que se seguem mostram, para os quatro grupos, as médias observadas na situação inicial e as médias estimadas no pós-teste quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

**Figuras 8 e 9.** Médias da Cotação Global em Resolução de Problemas para os Quatro Grupos



*Figura 8.* Médias da cotação global em resolução de problemas no pré-teste.



*Figura 9.* Médias estimadas da cotação global em resolução de problemas no pós-teste.

Como se pode observar na figura 8, na situação inicial, tanto no grupo experimental como no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto eram os que apresentavam as médias mais elevadas. Conforme mostra a figura 9 após a intervenção, tanto no grupo experimental como no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto são os que continuam a apresentar as médias mais elevadas.

No âmbito da testagem da quarta hipótese, refinou-se a análise comparando os quatro grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos no final da intervenção através de duas ANCOVAs em vez de usar uma MANOVA, já que

as correlações observadas entre o desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e dos produtos não se mostram moderadas em todos os casos, sendo algumas delas fracas.

Usou-se como covariável o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos no pré-teste, pois cumpre as suposições da ANCOVA. Assim, a ANCOVA efectuada permitiu comparar os quatro grupos de sujeitos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos no pós-teste depois de controlado o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos no pré-teste.

Conforme se pôde ver na tabela 22, os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto são os que apresentam, no final da intervenção, as médias mais baixas e os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto são os que apresentam, no final da intervenção, as médias mais elevadas no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Os resultados da ANCOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se estas diferenças eram suficientemente grandes para ser estatisticamente significativas para o valor de alfa ajustado 0.05 de acordo com a correcção de Bonferroni.

Tabela 35

*Diferenças entre os Quatro Grupos quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido nos Processos na Situação Final*

Fonte de Variância	G.L.	F	$\eta^2$	p
Grupo	(3, 133)	1.99	0.04	0.12
Erro intra-grupo		(1.43)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com a covariável não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

A partir dos valores expressos nesta tabela pode verificar-se que, após a intervenção, os quatro grupos não são estatisticamente diferentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. A magnitude do efeito é pequena.

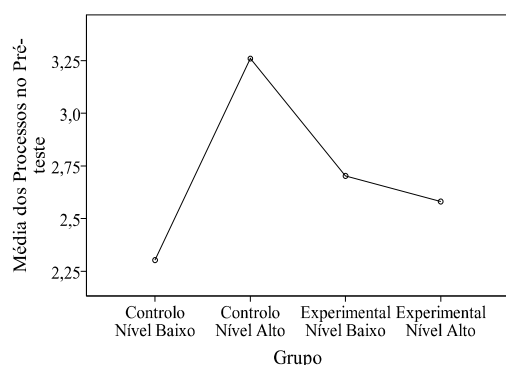
As duas figuras que se seguem mostram, para os quatro grupos, as médias observadas na situação inicial e as médias estimadas no pós-teste quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos.

De acordo com a figura 10, na situação inicial, os sujeitos que apresentavam a média mais elevada no grupo experimental eram os que tinham pais de nível educacional baixo e no grupo de controlo, eram os que tinham pais de nível educacional alto. Observando a figura 11, pode notar-se

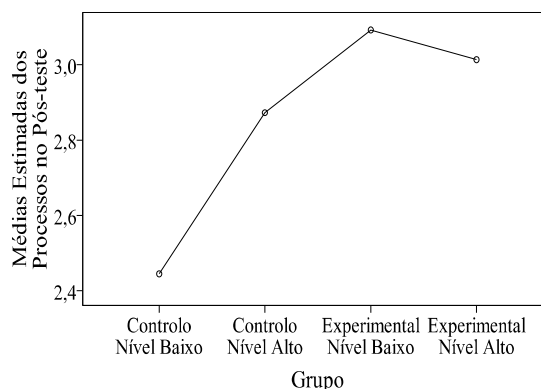


que após a intervenção, no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto continuam a apresentar a média mais elevada. No grupo experimental, poder-se-ia pensar que os sujeitos com pais de nível educacional baixo continuam a apresentar a média mais elevada.

**Figuras 10 e 11.** Médias da Cotação dos Processos em Resolução de Problemas para os Quatro Grupos



*Figura 10.* Médias da cotação dos processos em resolução de problemas no pré-teste.



*Figura 11.* Médias estimadas da cotação dos processos em resolução de problemas no pós-teste.

No entanto, é necessário ter presente que as médias representadas na figura 11 são estimadas pela ANCOVA; isto é, são aquelas que ocorreriam se todos os sujeitos obtivessem as mesmas cotações na covariável. Ora segundo Tabanick e Fidell (2007), esta estimativa pode tornar as médias irrealistas.

Na tabela seguinte apresentam-se as médias observadas e as médias estimadas para os quatro grupos, no final da intervenção, quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos.

Os valores expressos nesta tabela mostram, para o grupo experimental, uma inversão das médias estimadas em relação às observadas. Ao contrário do que a figura 11 sugere, no pós-teste a média observada dos sujeitos com pais de nível educacional alto é superior à dos sujeitos com pais de nível educacional baixo. No grupo de controlo, não ocorreu esta inversão.

Pretendendo-se comparar os quatro grupos de sujeitos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, no pós-teste, usou-se como covariável o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global no pré-teste, depois de se ter verificado o cumprimento das assumções da ANCOVA.

Tabela 36

*Médias Observadas e Médias Estimadas dos Quatro Grupos quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido nos Processos no Pós-teste*

Grupo	Médias Observadas <sup>a</sup>	Médias Estimadas <sup>b</sup>
Experimental, Pais de nível educacional alto	3.1 (1.4)	3.0 (0.2)
Experimental, Pais de nível educacional baixo	3.0 (1.4)	3.1 (0.2)
Controlo, Pais de nível educacional alto	2.9 (1.1)	2.9 (0.2)
Controlo, Pais de nível educacional baixo	2.5 (1.0)	2.4 (0.2)

*Nota.* <sup>a</sup> Os valores entre parêntesis representam desvios padrão.

<sup>b</sup> Os valores entre parêntesis representam erros padrão.

A ANCOVA efectuada permitiu comparar os quatro grupos de sujeitos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos no pós-teste depois de controladas as médias do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global no pré-teste.

Conforme se viu na tabela 22, os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto são os que apresentam, no final da intervenção, as médias mais elevadas e os sujeitos do grupo de controlo com pais de nível educacional alto são os que apresentam as médias mais baixas no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. Os resultados da ANCOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se estas diferenças eram suficientemente grandes para ser estatisticamente significativas para o valor de alfa ajustado 0.05 de acordo com a correcção de Bonferroni.

Tabela 37

*Diferenças entre os Quatro Grupos no Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido nos Produtos na Situação Final*

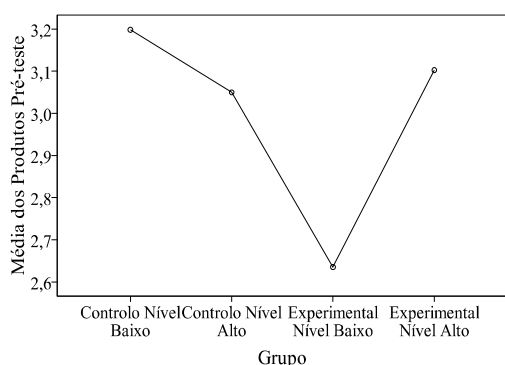
Fonte de Variância	G.L.	F	$\eta^2$	p
Grupo	(3, 133)	0.55	0.01	0.65
Erro intra-grupo		(1.46)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com a covariável não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

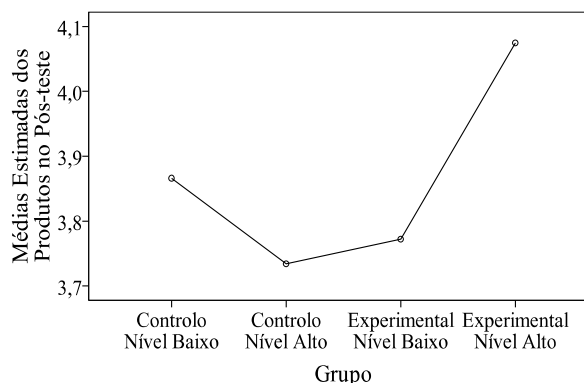
A partir dos valores expressos nesta tabela pode verificar-se que, após a intervenção, os quatro grupos não são estatisticamente diferentes quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. A magnitude do efeito é pequena.

As duas figuras que se seguem mostram, para os quatro grupos, as médias do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos observadas no pré-teste e estimadas no pós-teste. Na figura 12 pode notar-se que, na situação inicial, os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto eram os que apresentavam a média mais elevada. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional baixo eram os que apresentavam a média mais elevada. Na figura 13 pode observar-se que, no final da intervenção, no grupo experimental os sujeitos com pais de nível educacional alto continuam a apresentar a média mais elevada.

**Figuras 12 e 13.** Médias da Cotação dos Produtos em Resolução de Problemas para os Quatro Grupos



*Figura 12.* Médias da cotação dos produtos em resolução problemas de no pré-teste.



*Figura 13.* Médias estimadas da cotação dos produtos em resolução de problemas no pós-teste.

Poder-se-ia pensar que, no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional baixo continuam a ser os que apresentam a média mais elevada; no entanto, as médias observadas não coincidem com as médias estimadas, como mostra a tabela seguinte.

Como mostram os valores expressos nesta tabela, no grupo experimental os sujeitos com pais de nível educacional alto são os que apresentam a média mais elevada no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, no final da intervenção. No grupo de controlo, pode notar-se que para os sujeitos com pais de nível educacional alto, a média observada é superior à estimada, e para os sujeitos com pais de nível educacional baixo, a média observada é

inferior à estimada. Assim, as médias dos sujeitos destes dois grupos no pós-teste são idênticas, ao contrário do que a figura 13 indica.

Tabela 38

*Médias Observadas e Médias Estimadas dos Quatro Grupos quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas Traduzido nos Produtos no Pós-teste*

Grupo	Médias Observadas <sup>a</sup>	Médias Estimadas <sup>b</sup>
Experimental, Pais de nível educacional alto	4.1 (1.0)	4.1 (0.2)
Experimental, Pais de nível educacional baixo	3.7 (1.4)	3.8 (0.2)
Controlo, Pais de nível educacional alto	3.8 (1.3)	3.7 (0.2)
Controlo, Pais de nível educacional baixo	3.8 (1.3)	3.9 (0.2)

*Nota.* <sup>a</sup> Os valores entre parêntesis representam desvios padrão. <sup>b</sup> Os valores entre parêntesis representam erros padrão.

Para melhor se estabeleceram comparações entre a situação inicial e o final da intervenção, efectuaram-se doze *t*-testes de amostras emparelhadas para averiguar os ganhos dos quatro grupos.

Mostram-se na tabela seguinte os ganhos obtidos pelos quatro grupos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e nas cotações dos processos e dos produtos entre a situação inicial e o final da intervenção.

A partir dos valores expressos nesta tabela, pode notar-se que entre a situação inicial e o final da intervenção, os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto mostraram ganhos estatisticamente significativos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e nas cotações dos processos e dos produtos. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram um ganho estatisticamente significativo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram ganhos estatisticamente significativos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, mas não na cotação global nem na cotação dos processos. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram um ganho estatisticamente significativo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos, mas não na cotação dos processos.

Observou-se no grupo experimental uma magnitude do efeito grande no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos. A magnitude do efeito no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos revelou-se moderada para os sujeitos com pais de nível educacional alto e pequena para os sujeitos com pais de nível educacional baixo.

Tabela 39

*Ganhos dos Quatro Grupos no Desempenho na Resolução de Problemas entre a Situação Inicial e o Final da Intervenção*

Grupo	Cotação na Resolução de Problemas	<i>G.L.</i>	<i>t</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Experimental, Pais de nível educacional alto ( <i>n</i> =36)	Global	35	5.06	0.42	0.00
	Processos	35	2.10	0.11	0.04
	Produtos	35	-5.26	0.44	0.00
Experimental, Pais de nível educacional baixo ( <i>n</i> =38)	Global	37	3.48	0.25	0.00
	Processos	37	1.07	0.03	0.29
	Produtos	37	5.81	0.48	0.00
Controlo, Pais de nível educacional alto ( <i>n</i> =30)	Global	29	0.88	0.03	0.38
	Processos	29	-1.07	0.04	0.29
	Produtos	29	2.57	0.18	0.02
Controlo, Pais de nível educacional baixo ( <i>n</i> =34)	Global	33	2.21	0.13	0.03
	Processos	33	1.12	0.04	0.27
	Produtos	33	2.53	0.16	0.02

No grupo de controlo, observou-se uma magnitude do efeito pequena no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos e grande na cotação dos produtos. No desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global, a magnitude do efeito revelou-se moderada para os sujeitos com pais de nível educacional baixo e pequena para os sujeitos com pais de nível educacional alto.

*Diferenças entre grupos quanto ao nível e quanto aos aspectos do pensamento crítico.*

Da mesma forma com que se tratou a equivalência inicial entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas, dá-se conta nesta secção, da testagem da segunda, terceira, quinta e sexta hipóteses do estudo.

Para testar a segunda hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o nível de pensamento crítico dos alunos*, averiguou-se através de uma ANCOVA se os grupos experimental e de controlo diferem estatisticamente quanto ao nível de pensamento crítico no final da intervenção.

Usou-se como covariável o nível de pensamento crítico no pré-teste depois de se ter verificado o cumprimento das assumpções da ANCOVA. A análise efectuada permitiu comparar os grupos experimental e de controlo quanto ao nível de pensamento crítico no pós-teste depois de controlado o nível de pensamento crítico no pré-teste.

Conforme se pôde observar na tabela 20, no final da intervenção o grupo experimental é o que apresenta a média mais baixa. Os resultados da ANCOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se esta diferença era suficientemente grande para ser estatisticamente significativa para o valor de alfa ajustado 0.05 segundo a correcção de Bonferroni.

Tabela 40

*Diferenças entre os Grupos Experimental e de Controlo quanto ao Nível de Pensamento Crítico no Final da Intervenção*

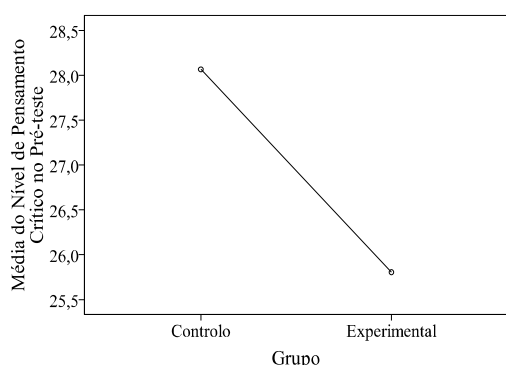
Fonte de Variância	<i>G.L.</i>	<i>F</i>	$\eta^2$ parcial	<i>p</i>
Grupo	(1, 135)	0.36	0.00	0.55
Erro intra-grupo		(91.08)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com a covariável não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

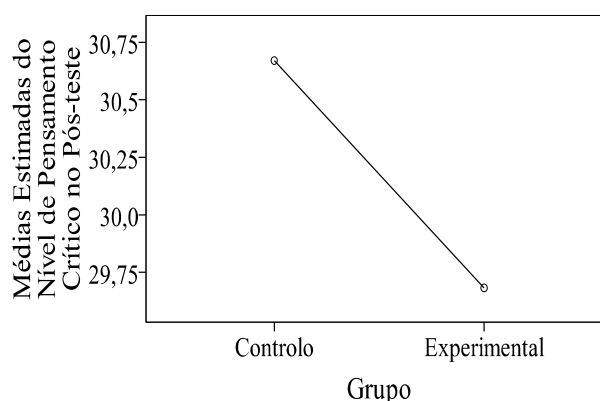
Conforme se pode notar através dos valores expressos nesta tabela, após a intervenção os grupos experimental e de controlo não diferem estatisticamente quanto ao nível de pensamento crítico. A magnitude do efeito é pequena.

As duas figuras que se seguem mostram, para os dois grupos, as médias do nível de pensamento crítico observadas no pré-teste e estimadas no pós-teste.

**Figuras 14 e 15.** Médias do Nível de Pensamento Crítico para o Grupo Experimental e para o Grupo de Controlo



*Figura 14.* Médias do nível de pensamento crítico no pré-teste.



*Figura 15.* Médias estimadas do nível de pensamento crítico no pós-teste.

Como se pode observar nas figuras 14 e 15 tanto na situação inicial, como após a intervenção, o grupo experimental é o que apresenta as médias mais baixas. Contrapondo as duas figuras, poder-se-ia pensar que a diferença entre o grupo experimental e o grupo de controlo se tornou menos acentuada no final da intervenção. No entanto, as médias observadas no final da intervenção não coincidem com as médias estimadas, tal como mostra a tabela seguinte.

Tabela 41

*Médias Observadas e Médias Estimadas dos Grupos Experimental e de Controlo quanto ao Nível de Pensamento Crítico no Pós-teste*

Grupo	Médias Observadas <sup>a</sup>	Médias Estimadas <sup>b</sup>
Experimental	29.0 (11.5)	29.6 (1.1)
Controlo	31.5 (13.6)	30.6 (1.2)

*Nota.* <sup>a</sup> Os valores entre parêntesis representam desvios padrão. <sup>b</sup> Os valores entre parêntesis representam erros padrão.

Atendendo aos valores expressos nesta tabela, pode notar-se para o grupo experimental, a média observada é inferior à estimada e no grupo de controlo, passa-se o contrário, pelo que a diferença entre as médias dos dois grupos no nível de pensamento crítico, no pós-teste, é mais acentuada do que aquela que a figura 15 indica.

Pretendendo-se testar a terceira hipótese, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam*, foi-se

averiguar recorrendo a quatro ANCOVAs se, após a intervenção, os grupos experimental e de controlo diferem estatisticamente quanto a cada um dos aspectos do pensamento crítico.

Usou-se como covariável cada um dos aspectos do pensamento crítico no pré-teste para analisar cada variável dependente; isto é, cada aspecto do pensamento crítico no pós-teste depois de verificar que cumprem as suposições da ANCOVA. Assim, as quatro ANCOVAs efectuadas permitiram comparar os grupos experimental e de controlo quanto aos aspectos do pensamento crítico no pós-teste depois de controladas as médias de cada um dos aspectos do pensamento crítico no pré-teste.

Os resultados das ANCOVAs efectuadas mostram-se na tabela seguinte.

Tabela 42

*Diferenças entre os Grupos Experimental e de Controlo quanto aos Aspectos do Pensamento Crítico no Final da Intervenção*

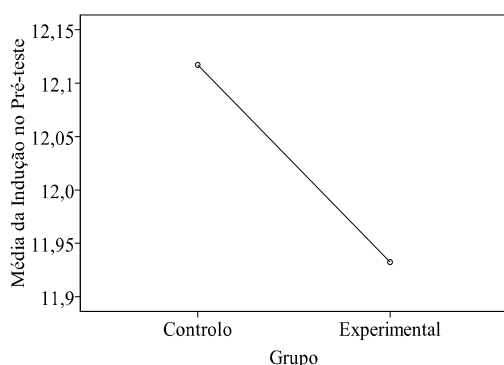
Aspectos do pensamento crítico	Fonte de Variância	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Indução	Grupo	0.97	0.01	0.33
	Erro	(17.50)		
Dedução	Grupo	0.33	0.00	0.57
	Erro	(24.04)		
Observação e credibilidade	Grupo	0.12	0.00	0.73
	Erro	(18.54)		
Assumpções	Grupo	1.05	0.01	0.31
	Erro	(7.66)		

*Nota.* Os valores entre parêntesis representam médias dos quadrados dos erros.  $GL = (1, 135)$ . Os efeitos relacionados com as covariáveis para cada uma das análises não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

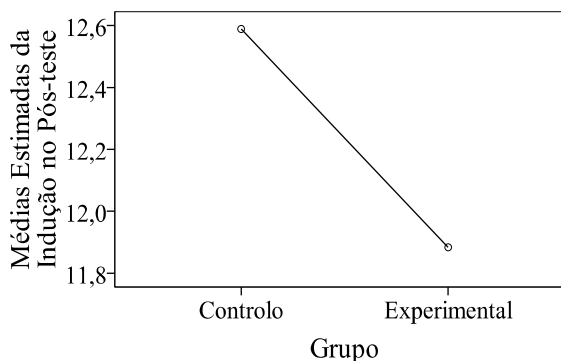
A partir dos valores expressos nesta tabela, constata-se que apesar de no final da intervenção grupo experimental ser o que apresenta as médias mais baixas nos quatro aspectos do pensamento crítico (tabela 20), o grupo experimental e o grupo de controlo não diferem estatisticamente quanto aos aspectos do pensamento crítico para o valor de alfa ajustado 0.025, de acordo com a correcção de Bonferroni. A magnitude dos efeitos é pequena.

As oito figuras que se seguem mostram, para os dois grupos, as médias dos aspectos do pensamento crítico observadas no pré-teste e estimadas no pós-teste.



**Figuras 16 e 17. Médias em Indução do Grupo Experimental e do Grupo de Controlo**

*Figura 16. Médias em indução no pré-teste.*



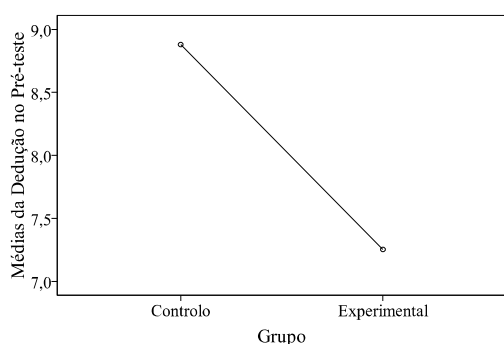
*Figura 17. Médias estimadas em indução no pós-teste.*

Conforme se pode observar na figura 16, na situação inicial o grupo experimental é aquele que apresenta a média mais baixa em indução. De acordo com a figura 17, no final da intervenção o grupo experimental é o que continua a apresentar a média mais baixa.

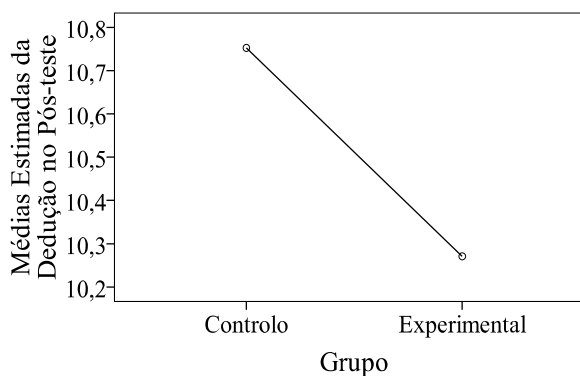
Contrapondo as duas figuras, observa-se que entre a situação inicial e o final da intervenção, a diferença em indução entre o grupo experimental e o grupo de controlo se tornou mais acentuada.

Em termos de dedução, conforme mostram as figuras 18 e 19, tanto na situação inicial como no final da intervenção o grupo experimental é o que apresenta as médias mais baixas.

Contrapondo as duas figuras, observa-se que a diferença entre o grupo experimental e o grupo de controlo se tornou menos acentuada entre a situação inicial e o final da intervenção.

**Figuras 18 e 19. Médias em Dedução do Grupo Experimental e do Grupo de Controlo**

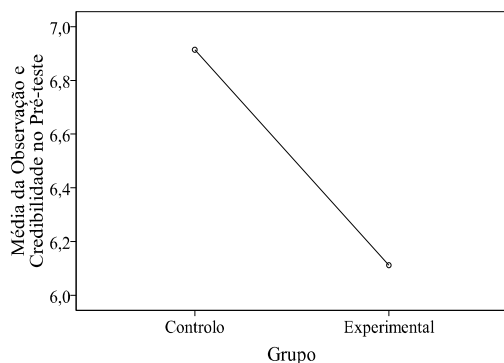
*Figura 18. Médias em dedução no pré-teste.*



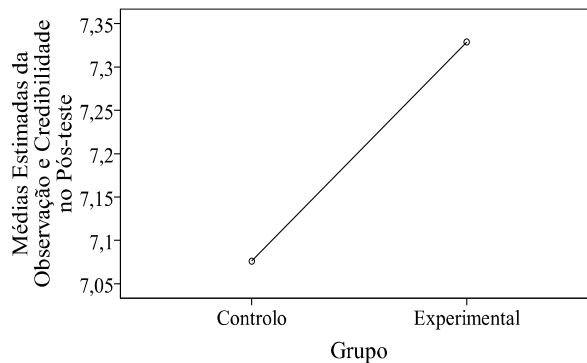
*Figura 19. Médias estimadas em dedução no pós-teste.*

No respeitante à observação e credibilidade, observem-se as figuras 20 e 21. Conforme mostra a figura 20, na situação inicial o grupo experimental apresentava uma média inferior à do grupo de controlo.

**Figuras 20 e 21.** Médias em Observação e Credibilidade do Grupo Experimental e do Grupo de Controlo



*Figura 20.* Médias em observação e credibilidade no pré-teste.



*Figura 21.* Médias estimadas em observação e credibilidade no pós-teste.

Com base na figura 21, poder-se-ia pensar que no final da intervenção, o grupo experimental apresenta a média mais elevada em observação e credibilidade. No entanto, as médias observadas no final da intervenção para os dois grupos não coincidem com as estimadas, como mostra a tabela seguinte.

Tabela 43

*Médias Observadas e Médias Estimadas dos Grupos Experimental e de Controlo na Observação e Credibilidade no Pós-teste*

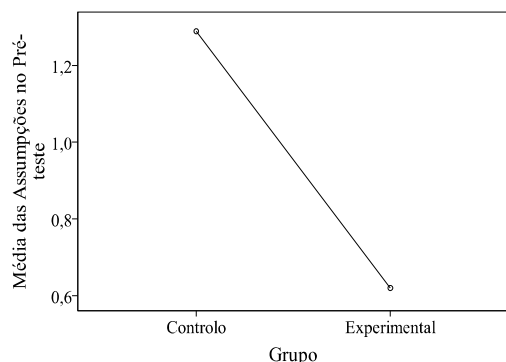
Grupo	Médias Observadas <sup>a</sup>	Médias Estimadas <sup>b</sup>
Experimental	7.1 (4.5)	7.2 (0.5)
Controlo	7.3 (5.3)	7.1 (0.6)

*Nota.* <sup>a</sup> Os valores entre parêntesis representam desvios padrão. <sup>b</sup> Os valores entre parêntesis representam erros padrão.

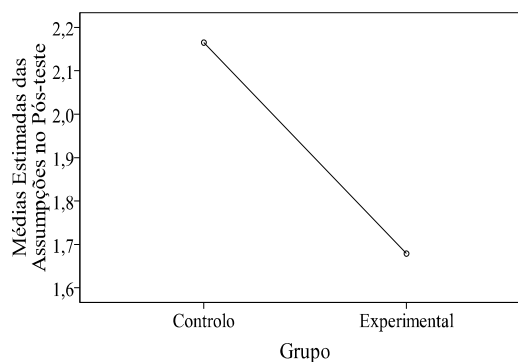
A partir dos valores expressos nesta tabela, pode notar-se que para o grupo experimental, a média estimada é superior à observada; no grupo de controlo sucede o contrário pelo que, ao contrário do que a figura 21 indica, o grupo de controlo apresenta a média mais elevada em observação e credibilidade no pós-teste.

Em termos de *assumpções*, considerem-se as figuras 22 e 23. Conforme mostram estas duas figuras, tanto na situação inicial como no final da intervenção o grupo experimental é o que apresenta as médias mais baixas.

**Figuras 22 e 23.** Médias em *Assumpções* do Grupo Experimental e do Grupo de Controlo



*Figura 22.* Médias em *assumpções* no pré-teste.



*Figura 23.* Médias estimadas em *assumpções* no pós-teste.

Contrapondo as duas figuras, observa-se que a diferença entre o grupo experimental e o grupo de controlo não se alterou entre a situação inicial e o final da intervenção.

Com a finalidade de se estabelecerem comparações entre a situação inicial e o final da intervenção, efectuaram-se dez *t*-testes de amostras emparelhadas para averiguar os ganhos dos dois grupos.

Mostram-se na tabela seguinte os ganhos obtidos pelo grupo experimental e pelo grupo de controlo no nível e nos aspectos do pensamento crítico entre a situação inicial e o final da intervenção.

A partir dos valores expressos nesta tabela, constata-se que entre a situação inicial e o final da intervenção quer o grupo experimental, quer o grupo de controlo mostraram ganhos estatisticamente significativos no nível de pensamento crítico, bem como nos aspectos *dedução* e *assumpções*. No aspecto *observação e credibilidade*, o grupo experimental mostrou um ganho estatisticamente significativo para o nível de significância 0.10, enquanto que o grupo de controlo revelou um ganho não estatisticamente significativo.

Observa-se uma magnitude do efeito grande no aspecto *dedução*, moderada no nível de pensamento crítico e no aspecto *assumpções* e pequena nos aspectos *observação e credibilidade* e *indução*, quer para o grupo experimental, quer para o grupo de controlo.

Tabela 44

*Ganhos dos Grupos Experimental e de Controlo no Nível e nos Aspectos do Pensamento Crítico entre a Situação Inicial e o Final da Intervenção*

Grupo	Pensamento Crítico	G.L.	<i>t</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Experimental ( <i>n</i> =74)	Nível	73	2.64	0.09	0.01
	Indução	73	-0.18	0.00	0.86
	Dedução	73	3.99	0.18	0.00
	Observação e Credibilidade	73	1.75	0.04	0.08
	Assumpções	73	2.44	0.08	0.01
Controlo ( <i>n</i> =64)	Nível	63	2.66	0.10	0.01
	Indução	63	0.80	0.01	0.42
	Dedução	63	3.50	0.16	0.00
	Observação e Credibilidade	63	0.66	0.01	0.52
	Assumpções	63	2.36	0.08	0.02

Pretendendo-se testar a quinta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades de resolução de problemas sobre o nível de pensamento crítico dos alunos* foi-se averiguar se, dentro dos grupos experimental e de controlo os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo diferem estatisticamente quanto ao nível de pensamento crítico no pós-teste através de uma ANCOVA.

Considerou-se como covariável o nível de pensamento crítico no pré-teste depois de se ter verificado que cumpria as assumpções da ANCOVA.

A ANCOVA efectuada permitiu comparar, simultaneamente, os quatro grupos de sujeitos quanto ao nível de pensamento crítico no pós-teste, depois de controladas as médias do nível de pensamento crítico no pré-teste.

Conforme se pôde observar na tabela 24, no final da intervenção os sujeitos da amostra com pais de nível educacional alto eram os que apresentavam as médias mais elevadas no nível de pensamento crítico. Os resultados da ANCOVA efectuada, mostrados na tabela seguinte, indicam se estas diferenças eram suficientemente grandes para ser estatisticamente significativas para o valor de alfa ajustado 0.05 de acordo com a correcção de Bonferroni.

A partir dos valores expressos nesta tabela, verifica-se que, após a intervenção, os quatro grupos não são estatisticamente diferentes quanto ao nível de pensamento crítico. A magnitude do efeito é pequena.

Tabela 45

*Diferenças entre os Quatro Grupos no Nível de Pensamento Crítico no Final da Intervenção*

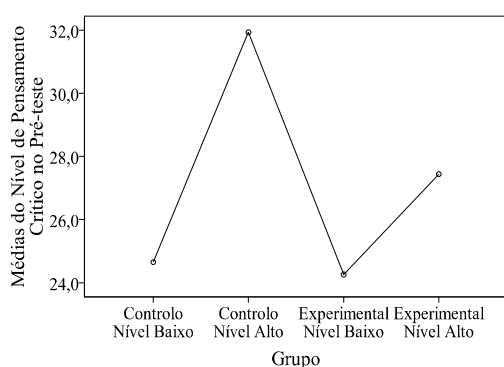
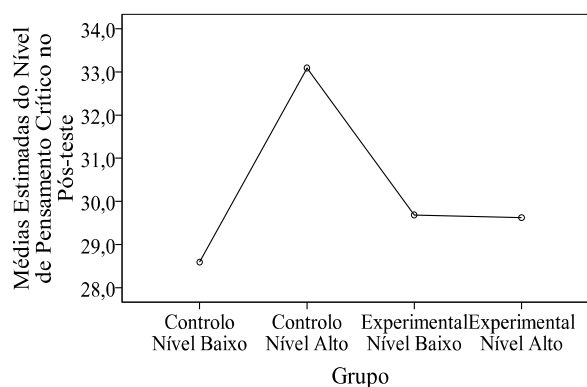
Fonte de Variância	<i>G.L.</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Grupo	(3, 133)	1.26	0.03	0.29
Erro intra-grupo		(90.12)		

*Nota.* O valor entre parêntesis representa a média dos quadrados dos erros. Os efeitos relacionados com a covariável não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

As duas figuras que se seguem mostram, para os quatro grupos, as médias do nível de pensamento crítico observadas na situação inicial e as médias estimadas no pós-teste.

De acordo com a figura 24, na situação inicial os sujeitos com pais de nível educacional alto eram os que apresentavam as médias mais elevadas tanto no grupo experimental, como no grupo de controlo.

Observando a figura 25, pode notar-se que após a intervenção, no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto são os que continuam a apresentar a média mais elevada. No grupo experimental, poderia pensar-se que os sujeitos com pais de nível educacional baixo são os que apresentam a média mais elevada; contudo, as médias observadas no final da intervenção e as estimadas não coincidem, como mostra a tabela seguinte.

**Figuras 24 e 25.** Médias do Nível de Pensamento Crítico para os Quatro Grupos**Figura 24.** Médias do nível de pensamento crítico no pré-teste.**Figura 25.** Médias estimadas do nível de pensamento crítico no pós-teste.

Os valores expressos nesta tabela mostram que após a intervenção, para os sujeitos da amostra com pais de nível educacional alto as médias observadas são superiores às estimadas. Sucede o contrário para os sujeitos da amostra com pais de nível educacional baixo. Assim, após a

intervenção os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto são os que apresentam as médias mais elevadas no nível de pensamento crítico, ao contrário do que a figura 25 indica.

Tabela 46

*Médias Observadas e Médias Estimadas dos Quatro Grupos quanto ao Nível de Pensamento Crítico no Pós-teste*

Grupo	Médias Observadas <sup>a</sup>	Médias Estimadas <sup>b</sup>
Experimental, Pais de nível educacional alto	30.0 (11.8)	29.6 (1.6)
Experimental, Pais de nível educacional baixo	28.0 (11.3)	29.7 (1.6)
Controlo, Pais de nível educacional alto	36.4 (13.2)	33.1 (1.8)
Controlo, Pais de nível educacional baixo	27.2 (12.7)	28.6 (1.6)

*Nota.* <sup>a</sup> Os valores entre parêntesis representam desvios padrão. <sup>b</sup> Os valores entre parêntesis representam erros padrão.

Desejando-se testar a sexta hipótese, *o nível educacional dos pais não modera a influência da natureza das actividades de resolução de problemas sobre os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam* foi-se averiguar se, após a intervenção, os quatro grupos considerados na amostra diferem estatisticamente quanto a cada um dos aspectos do pensamento crítico através de quatro ANCOVAs.

Usou-se como covariável cada um dos aspectos do pensamento crítico no pré-teste para analisar cada variável dependente; isto é, cada aspecto do pensamento crítico no pós-teste depois de verificar que cumprem as *assumpções* da ANCOVA. Assim, as quatro ANCOVAs efectuadas permitiram comparar os quatro grupos quanto aos aspectos do pensamento crítico no pós-teste depois de controladas as médias de cada um dos aspectos do pensamento crítico no pré-teste.

Conforme se pôde observar na tabela 24, no final da intervenção os sujeitos da amostra com pais de nível educacional alto apresentam as médias mais elevadas nos aspectos *indução* e *observação e credibilidade*. No grupo experimental, os sujeitos com pais de nível educacional baixo apresentam a média mais elevada em *dedução*; no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional baixo apresentam a média mais elevada em *assumpções*. Os resultados das ANCOVAs efectuadas, mostrados na tabela seguinte, indicam se estas diferenças eram suficientemente grandes

para ser estatisticamente significativas para o valor de alfa ajustado 0.025, de acordo com a correcção de Bonferroni.

Tabela 47

*Diferenças entre os Quatro Grupos nos Aspectos do Pensamento Crítico no Final da Intervenção*

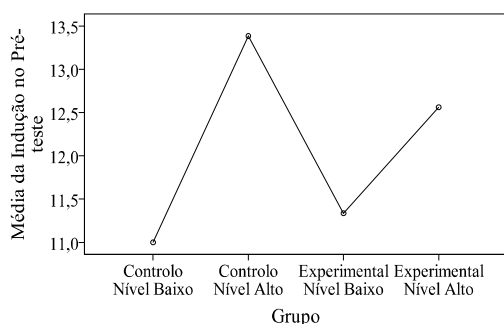
Aspectos do pensamento crítico	Fonte de Variância	<i>F</i>	$\eta^2$ parcial	<i>p</i>
Indução	Grupo	1.78	0.04	0.16
	Erro intra-grupo	(17.20)		
Dedução	Grupo	0.33	0.01	0.80
	Erro intra-grupo	(24.29)		
Observação e Credibilidade	Grupo	2.70	0.06	0.05
	Erro intra-grupo	(17.75)		
Assumpções	Grupo	1.31	0.03	0.27
	Erro intra-grupo	(7.61)		

*Nota.* Os valores entre parêntesis representam médias dos quadrados dos erros.  $GL = (3, 133)$ . Os efeitos relacionados com as covariáveis para cada uma das análises não se relatam por não se relacionarem com a questão à qual se pretende dar resposta.

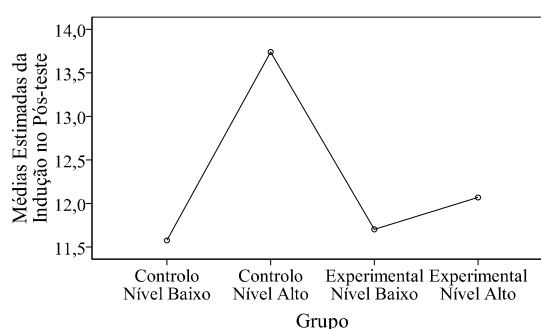
A partir dos valores expressos nesta tabela, pode verificar-se que os quatro grupos não diferem estatisticamente quanto aos aspectos do pensamento crítico no final da intervenção. A magnitude dos efeitos é pequena. O valor  $p=0.05$  poderia indiciar que os quatro grupos diferiam estatisticamente em observação e credibilidade. Nesse caso, poder-se-iam discriminar quais os grupos que diferiam quanto a este aspecto do pensamento crítico recorrendo ao teste de Scheffé. Contudo, havia-se restringido, de acordo com a correcção de Bonferroni, o valor de alfa para 0.025. Deste modo, não se efectuou o teste de comparações múltiplas por não se poder admitir, à partida, que os quatro grupos diferiam estatisticamente em termos de observação e credibilidade.

As oito figuras que se seguem mostram, para os quatro grupos, as médias dos aspectos do pensamento crítico observadas na situação inicial e estimadas no pós-teste.

Como se pode observar nas figuras 26 e 27, tanto na situação inicial como no final da intervenção, os sujeitos com pais de nível educacional alto são os que apresentam as médias mais elevadas quer no grupo experimental, quer no grupo de controlo.

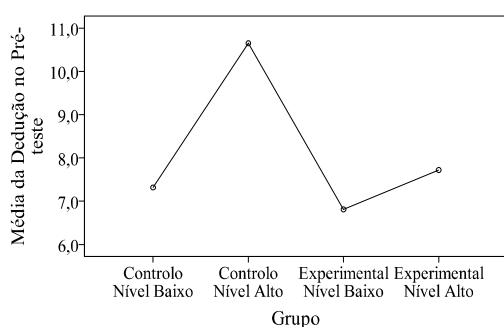
**Figuras 26 e 27. Médias em Indução dos Quatro Grupos**

*Figura 26. Médias em indução no pré-teste.*

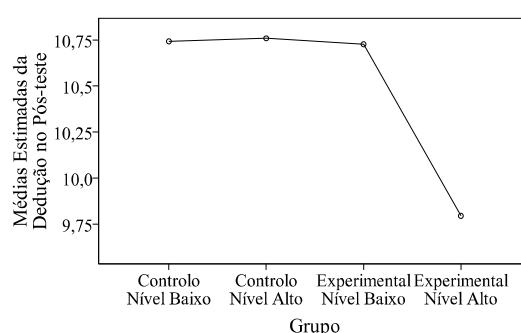


*Figura 27. Médias estimadas em indução no pós-teste.*

Relativamente à dedução, conforme se pode observar na figura 28, na situação inicial os sujeitos com pais de nível educacional alto eram os que apresentavam as médias mais elevadas no grupo experimental e no grupo de controlo. Observando a figura 29, pode notar-se que após a intervenção, no grupo de controlo continuam a ser os sujeitos com pais de nível educacional alto os que apresentam a média mais elevada mas, no grupo experimental, passaram a ser os sujeitos com pais de nível educacional baixo os que apresentam a média mais elevada.

**Figuras 28 e 29. Médias em Dedução dos Quatro Grupos**

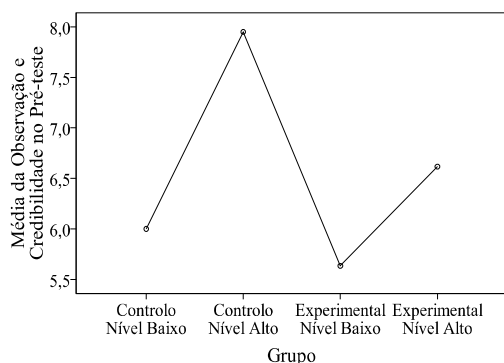
*Figura 28. Médias em dedução no pré-teste.*



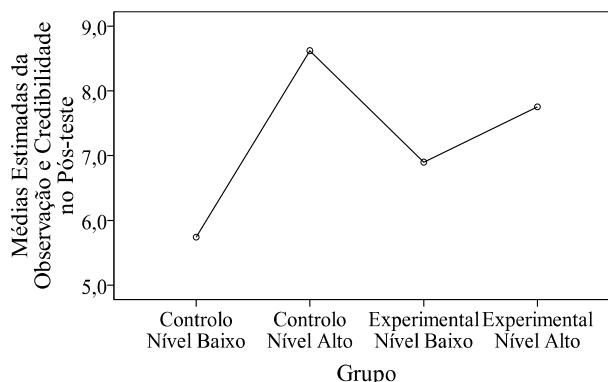
*Figura 29. Médias estimadas em dedução no pós-teste.*

As figuras 30 e 31 mostram as médias observadas na situação inicial e as médias estimadas no pós-teste relativamente a observação e credibilidade.



**Figuras 30 e 31. Médias em Observação e Credibilidade dos Quatro Grupos**

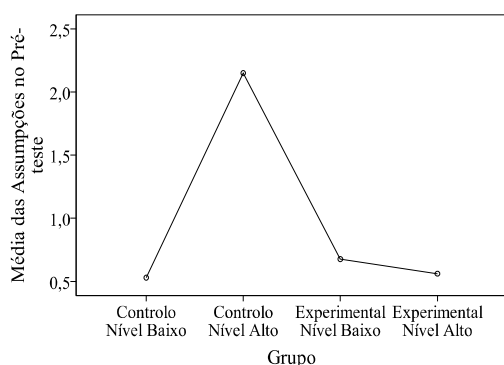
*Figura 30. Médias em observação e credibilidade no pré-teste.*



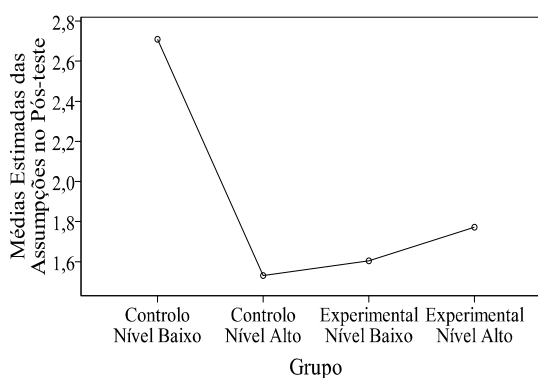
*Figura 31. Médias estimadas em observação e credibilidade no pós-teste.*

Conforme mostram estas duas figuras, tanto na situação inicial como no final da intervenção, os sujeitos com pais de nível educacional alto são os que apresentam as médias mais elevadas quer no grupo experimental, quer no grupo de controle.

As figuras 32 e 33 são respeitantes às assumpções.

**Figuras 32 e 33. Médias em Assumpções dos Quatro Grupos**

*Figura 32. Médias em assumpções no pré-teste.*



*Figura 33. Médias estimadas em assumpções no pós-teste.*

Conforme mostra a figura 32 na situação inicial, no grupo de controle, os sujeitos com pais de nível educacional alto eram os que apresentavam a média mais elevada. A partir da figura 33 pode observar-se que, após a intervenção, no grupo de controle a média mais elevada em assumpções passou a ser a dos sujeitos com pais de nível educacional baixo. No grupo

experimental, a média mais elevada passou a ser a dos sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto.

Com a finalidade de se estabeleceram comparações entre a situação inicial e o final da intervenção, efectuaram-se vinte *t*-testes de amostras emparelhadas para averiguar os ganhos dos quatro grupos.

Mostram-se na tabela seguinte os ganhos obtidos pelos quatro grupos no nível e nos aspectos do pensamento crítico entre a situação inicial e o final da intervenção.

Tabela 48

*Ganhos dos Quatro Grupos no Nível e nos Aspectos do Pensamento Crítico entre a Situação Inicial e o Final da Intervenção*

Grupo	Pensamento Crítico	G.L.	<i>t</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Experimental, Pais de nível educacional alto ( <i>n</i> =36)	Nível	35	1.39	0.05	0.17
	Indução	35	-0.30	0.00	0.76
	Dedução	35	1.86	0.09	0.07
	Observação e Credibilidade	35	1.34	0.05	0.19
	Assumpções	35	1.78	0.08	0.08
Experimental, Pais de nível educacional baixo ( <i>n</i> =38)	Nível	37	2.37	0.13	0.02
	Indução	37	0.05	0.00	0.96
	Dedução	37	4.01	0.30	0.00
	Observação e Credibilidade	37	1.12	0.03	0.27
	Assumpções	37	1.65	0.07	0.11
Controlo, Pais de nível educacional alto ( <i>n</i> =30)	Nível	29	2.27	0.15	0.03
	Indução	29	1.41	0.06	0.17
	Dedução	29	1.62	0.08	0.12
	Observação e Credibilidade	29	1.41	0.06	0.17
	Assumpções	29	0.26	0.00	0.80
Controlo, Pais de nível educacional baixo ( <i>n</i> =34)	Nível	33	1.48	0.06	0.15
	Indução	33	0.08	0.00	0.93
	Dedução	33	3.38	0.26	0.00
	Observação e Credibilidade	33	0.73	0.02	0.47
	Assumpções	33	3.46	0.27	0.00

A partir dos valores expressos nesta tabela, pode notar-se que no grupo experimental, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.10 em dedução e em *assumpções*. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no nível de pensamento crítico e em dedução.

No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no nível de pensamento crítico. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 em dedução e em *assumpções*.

No grupo experimental, para os sujeitos com pais de nível educacional alto, observou-se uma magnitude do efeito moderada nos aspectos *dedução* e *assumpções* e pequena no nível de pensamento crítico e nos aspectos *observação e credibilidade* e *indução*. Para os sujeitos com pais de nível educacional baixo observou-se uma magnitude do efeito grande no aspecto *dedução*; moderada no nível de pensamento crítico e no aspecto *assumpções* e pequena nos aspectos *observação e credibilidade* e *indução*.

No grupo de controlo, para os sujeitos com pais de nível educacional alto, observou-se uma magnitude do efeito grande no nível de pensamento crítico, moderada nos aspectos *indução*, *dedução* e *observação e credibilidade* e pequena no aspecto *assumpções*.

Ainda no grupo de controlo, para os sujeitos com pais de nível educacional baixo observou-se uma magnitude do efeito grande nos aspectos *dedução* e *assumpções*, moderada no nível de pensamento crítico e pequena nos aspectos *observação e credibilidade* e *indução*.

#### **4.2.5 Capacidades de pensamento crítico usadas pelos sujeitos.**

Com a finalidade de identificar as capacidades de pensamento crítico usadas pelos sujeitos da amostra, categorizaram-se as capacidades observadas em cinco áreas básicas do pensamento crítico tomando como matriz a taxonomia de Ennis (1987).

Com base em critérios já explicados anteriormente, no capítulo 3 identificaram-se as capacidades de pensamento crítico usadas por três grupos de sujeitos do grupo experimental e dois grupos de sujeitos do grupo de controlo a partir de gravações áudio seleccionadas. Na tabela que se segue apresentam-se as percentagens das capacidades usadas nas cinco áreas do pensamento crítico pelos sujeitos observados durante a realização do pré-teste.

Atendendo aos valores expressos nesta tabela pode notar-se que, durante a realização do pré-teste, todos os sujeitos observados dos grupos experimental e de controlo utilizaram as diversas

capacidades de pensamento crítico excepto as das áreas de suporte básico e de clarificação elaborada.

As capacidades de pensamento crítico mais observadas foram as das áreas de clarificação elementar e de estratégias e táticas, exceptuando o grupo GC 1, no qual se observaram mais as capacidades de clarificação elaborada e de estratégias e táticas. As capacidades de pensamento crítico menos observadas foram as das áreas de suporte básico, inferência e, com excepção do grupo GC 1, as de clarificação elaborada.

Tabela 49

*Percentagens de Utilização de Capacidades do Pensamento Crítico no Pré-teste*

Áreas de capacidades do pensamento crítico	Grupo Experimental (n=9)			Grupo de Controlo (n=6)	
	GE 1 (f=28)	GE 2 (f=60)	GE 3 (f=112)	GC 1 (f=50)	GC 2 (f=56)
Clarificação Elementar	71	38	35	20	39
Suporte Básico	4	7	5	4	0
Inferência	4	7	12	12	9
Clarificação Elaborada	0	1	7	22	2
Estratégias e Táticas	21	47	41	42	50

*Nota.* GE = grupo experimental; GC = grupo de controlo.

Observou-se da parte dos sujeitos do grupo experimental uma maior percentagem média do uso de capacidades da área de clarificação elementar (48%) do que de estratégias e táticas (36%). Observou-se da parte dos sujeitos do grupo de controlo uma maior percentagem média do uso de capacidades da área de estratégias e táticas (46%) do que de clarificação elementar (30%).

As percentagens das capacidades usadas nas cinco áreas do pensamento crítico pelos sujeitos observados durante a realização do pós-teste são mostradas na tabela que se segue.

Com base nos valores expressos nesta tabela pode notar-se que, durante a realização do pós-teste, todos os sujeitos observados dos grupos experimental e de controlo utilizaram as diversas capacidades de pensamento crítico excepto as das áreas de suporte básico e de clarificação elaborada.

As capacidades de pensamento crítico mais observadas foram as das áreas de clarificação elementar e de estratégias e táticas. As capacidades de pensamento crítico menos observadas foram as das áreas de suporte básico, inferência e clarificação elaborada.

Tabela 50

*Percentagens de Utilização de Capacidades do Pensamento Crítico no Pós-teste*

Áreas de capacidades do pensamento crítico	Grupo Experimental (n=9)		Grupo de Controlo (n=6)		
	GE 1 (f=28)	GE 2 (f=60)	GE 3 (f=112)	GC 1 (f=50)	GC 2 (f=56)
Clarificação Elementar	14	27	25	63	37
Suporte Básico	0	17	6	7	9
Inferência	9	10	20	7	14
Clarificação Elaborada	0	3	0	0	0
Estratégias e Táticas	77	43	49	23	40

*Nota.* GE = grupo experimental; GC = grupo de controlo.

Observou-se da parte dos sujeitos do grupo experimental uma maior percentagem média do uso de capacidades da área de estratégias e táticas (56%) do que de clarificação elementar (22%). Observou-se da parte dos sujeitos do grupo de controlo uma maior percentagem média do uso de capacidades da área de clarificação elementar (50%) do que de estratégias e táticas (32%).

É ainda de realçar, estabelecendo uma comparação entre os valores expressos nas tabelas 34 e 35, que se observou por parte dos sujeitos do grupo experimental um aumento do uso de capacidades da área de inferência entre o pré-teste (8%) e o pós-teste (13%). Observou-se que, no grupo de controlo, os sujeitos mantiveram o uso de capacidades da área de inferência entre o pré-teste e o pós-teste (10%).

Ilustram-se as capacidades e as áreas do pensamento crítico identificadas como tendo sido usadas por um grupo de sujeitos do grupo experimental enquanto realizavam o pós-teste, através das unidades de análise mostradas na tabela seguinte.

Tabela 51

*Capacidades e Áreas do Pensamento Crítico Identificadas no Pós-teste do Grupo GE 1*

Unidades de Análise	Capacidades	Áreas
- Tens que atirar água. - Deixa o calor entrar...	Decidir, por tentativas, o que fazer	Estratégias e táticas
- O objectivo é comparar o poder de absorção.	Definir o problema	Estratégias e táticas
- Eu acho que vai ser o... [um dos caixilhos].	Inferir conclusões e hipóteses explicativas	Inferência
- Vamos! /Agora “tá” a descer.	Decidir, por tentativas, o que fazer/ Verificar cuidadosamente a implementação	Estratégias e táticas

Tabela 51 (continuação)

*Capacidades e Áreas do Pensamento Crítico Identificadas no Pós-teste do Grupo GE 1*

- Vamos submeter o exterior do caixilho com uma leitura digital a um aumento de temperatura a ver se absorve radiação... através da temperatura interior do caixilho... lá dentro a luz... então vai-se incidir a luz. A fim de através do interior do mesmo averiguar se a superfície do caixilho... / quanto mais for a temperatura, quer dizer que absorve mais. Quanto menos temperatura...	Delinear investigações, incluindo o planeamento de variáveis controláveis/ Seleccionar critérios para avaliar possíveis soluções	Inferência
- Então vai-se incidir.../ o que é que disseste antes?	Resumir/ Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Estratégias e táticas
- Espera aí. Vamos colocar o leitor digital dentro do caixilho/ e submeter o extremo no exterior do caixilho a um aumento de temperatura/ a fim de averiguar à superfície do caixilho se tem.../ de ver através da temperatura interior...	Decidir, por tentativas, o que fazer/ Decidir, por tentativas, o que fazer/ Seleccionar critérios para avaliar possíveis soluções/ Seleccionar critérios para avaliar possíveis soluções	Clarificação elementar
- Não consegues chegar até lá abaixo. - Desces. - Estes fios são muito fininhos.	Verificar cuidadosamente a implementação	Estratégias e táticas
- Averiguar o poder do caixilho para absorver radiação. / O objectivo é averiguar qual o caixilho... é averiguar o poder de absorção de radiação dos caixilhos e comparar o poder de absorção de radiação dos caixilhos./ A experiência que planeámos cumpre a finalidade a que se destina.	Definir o problema/ Definir o problema/ Rever e decidir, tomando em consideração a situação no seu todo	Estratégias e táticas
- Tinha pensado... víamos quantos? - Uns 10... - Talvez. - Estás nos 9 ainda? Está ao contrário! - Faz-se aqui? - 10. - Pronto agora... vais saber quanto é, então vá.	Rever e decidir, tomando em consideração a situação no seu todo	Estratégias e táticas
- 24 de temperatura. - Mas isso não dá resposta - “Atão”, já está? - Quanto? - 27. - O que é que achas? - Era o prateado! Quanto tempo é que falta? - Deixamos isto lá dentro ...	Verificar cuidadosamente a implementação	Estratégias e táticas
- São 3. Estamos a fazer dobrado...	Manter presente em pensamento a situação	Clarificação elementar
- 24.8. - Acho que este leva mais tempo. - Olha isto está a aumentar...	Verificar cuidadosamente a implementação	Estratégias e táticas
- E agora, o resto?	Rever e decidir, tomando em consideração a situação no seu todo	Estratégias e táticas

Como se pode observar através da leitura do conteúdo desta tabela, durante a realização do pós-teste os sujeitos do grupo de trabalho *GE 1* focaram-se em definir o problema, delinear a investigação e seleccionar critérios para avaliar possíveis soluções, passando depois a rever e decidir o que fazer, bem como a verificar cuidadosamente a implementação. Observou-se, por parte destes sujeitos, um uso mais frequente de capacidades da área de estratégias e táticas do que das restantes áreas básicas do pensamento crítico.

Ilustram-se agora as capacidades e as áreas do pensamento crítico identificadas como tendo sido usadas por um grupo de sujeitos do grupo de controlo enquanto realizavam o pós-teste, através das unidades de análise mostradas na tabela seguinte.

Tabela 52

*Capacidades e Áreas do Pensamento Crítico Identificadas no Pós-teste do Grupo GC 1*

Unidades de Análise	Capacidades	Áreas
- Essa folhinha... tem bibliografia ao seu ispor.	Identificar ou formular critérios para ajuizar possíveis respostas	Clarificação elementar
- Isto é quanto?	Identificar ou formular uma questão	Clarificação elementar
- Isto é... não é espelhado?...o grande.		
- Na três. Justifique por escrito a sua decisão.	Interpretação de enunciados	Inferência
- O alcance é...	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Só com três. Com dois não consegues fazer nada.	Seleccionar critérios para avaliar possíveis soluções	Estratégias e táticas
- É com quê?	Identificar ou formular uma questão	Clarificação elementar
- É quanto? É onze?		
- Escreve aqui.	Ter registos	Suporte básico
- Quanto tempo?	Identificar ou formular uma questão	Clarificação elementar
- Durante cinco minutos, ok?	Identificar ou formular critérios para ajuizar possíveis respostas	Clarificação elementar
- Vai contar até quando?	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Ah! Ok!	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Vocês vão fazer cada minuto?	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Vá.	Rever e decidir, tomando em consideração a situação no seu todo	Estratégias e táticas
- E agora?	Identificar ou formular uma questão	Clarificação elementar

Tabela 51 (continuação)

*Capacidades e Áreas do Pensamento Crítico Identificadas no Pós-teste do Grupo GC 1*

- Já “tá” ali a temperatura inicial. - 27,2. - Durante dez minutos. - Vá vamos fazer primeiro numas fases quaisquer. - A temperatura pode ser... a temperatura inicial. - Vai ser dez minutos.	Decidir, por tentativas, o que fazer	Estratégias e táticas
- A temperatura inicial é a temperatura ambiente?	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Se calhar não... não se sabe.	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Fiz a mesma coisa.	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Para que é que é esta tabela?	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- É a tabela das temperaturas.	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Deixa ver...	Comparar, pesar e decidir	Inferência
- Agora paciência.	Apelo à autoridade	Estratégias e táticas
- Temperatura inicial.	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Vinte e quatro quê? / Vá... vinte e quatro...	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio/ Satisfação do observador (e do relator, se se tratar de uma pessoa diferente) em relação aos critérios de credibilidade	Clarificação elementar / Suporte básico
- Já contaste vinte e quatro quê? Face escura, não é? - Quantos minutos, cinco?	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- Deve estar.	Decidir, por tentativas, o que fazer	Estratégias e táticas
- 24.2 não é? - Vinte e cinco. Quantos? É vinte e cinco quê?	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio	Clarificação elementar
- De dois em dois minutos, ou é de um em um minuto? - Minuto a minuto.	Rever e decidir, tomando em consideração a situação no seu todo	Estratégias e táticas
- Qual é que é o sexto minuto? - Trinta e três? - Zero zero sete. - O décimo primeiro e o décimo segundo. - Só para acabar esta.	Verificar cuidadosamente a implementação	Estratégias e táticas

Como se pode observar através da leitura do conteúdo desta tabela, durante a realização do pós-teste os sujeitos do grupo de trabalho *GC 1* identificaram ou formularam questões, fizeram e



responderam a questões de clarificação e/ou desafio, interpretaram enunciados, anotaram registos e avaliaram a sua credibilidade. Observou-se, por parte destes sujeitos, um uso mais frequente de capacidades da área de clarificação elementar do que das restantes áreas básicas do pensamento crítico.

#### **4.2.6 Síntese final dos resultados.**

Nesta secção, apresenta-se a síntese dos resultados respeitantes ao desempenho dos sujeitos na resolução de problemas. Depois, resumem-se os resultados que concernem o nível e os aspectos do pensamento crítico. No final, apresenta-se a síntese dos resultados relacionados com a observação e identificação do uso de capacidades do pensamento crítico.

##### ***4.2.6.1 Desempenho na resolução de problemas.***

Na situação inicial, os grupos experimental e de controlo não diferiam estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e nas cotações dos processos e dos produtos.

Entre a situação inicial e o final da intervenção, o grupo experimental mostrou ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos processos e dos produtos. O grupo de controlo revelou ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos. No respeitante ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos, o grupo de controlo mostrou uma diminuição não estatisticamente significativa.

No final da intervenção, o grupo experimental difere estatisticamente para o nível de significância 0.05 do grupo de controlo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Os dois grupos não diferem estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos e na cotação global.

Na situação inicial, no grupo experimental e no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo não diferiam estatisticamente no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo diferiam estatisticamente para o nível de significância 0.05 no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos; os primeiros apresentavam uma média significativamente mais elevada.

Entre a situação inicial e o final da intervenção, no grupo experimental, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e nas cotações dos processos e dos produtos. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos. Estes sujeitos mostraram um ganho não estatisticamente significativo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram um ganho estatisticamente significativo para o nível de significância 0.05 no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação produtos; uma diminuição no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos e um ganho no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global não estatisticamente significativos. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e na cotação dos produtos e um ganho não estatisticamente significativo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos.

No final da intervenção, os quatro grupos de sujeitos não diferem estatisticamente no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global e nas cotações dos processos e dos produtos.

#### ***4.2.6.2 Nível e aspectos do pensamento crítico.***

Na situação inicial, os grupos experimental e de controlo não diferiam estatisticamente quanto ao nível nem quanto aos aspectos do pensamento crítico.

Entre a situação inicial e o final da intervenção, tanto o grupo experimental como o grupo de controlo mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância 0.05 no nível de pensamento crítico, em dedução e em assumpções. Em observação e credibilidade, o grupo experimental mostrou um ganho estatisticamente significativo para o nível de significância 0.10 e o grupo de controlo mostrou um ganho não estatisticamente significativo. Em indução, observaram-se nos dois grupos mudanças não estatisticamente significativas, o grupo experimental mostrou uma diminuição e o grupo de controlo, um aumento.

No final da intervenção, os dois grupos não diferem estatisticamente no nível nem nos aspectos do pensamento crítico.

Na situação inicial, os sujeitos do grupo experimental e do grupo de controlo com pais de nível educacional alto e baixo não diferiam estatisticamente no nível nem nos aspectos do pensamento crítico.

Entre a situação inicial e o final da intervenção, no grupo experimental os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram ganhos estatisticamente significativos para o nível de significância  $p=0.10$  em dedução e em assumpções; ganhos não estatisticamente significativos no nível de pensamento crítico e em observação e credibilidade e uma diminuição em indução. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram um ganho estatisticamente significativo para o nível de significância 0.05 no nível de pensamento crítico e em dedução e ganhos não estatisticamente significativos em indução, observação e credibilidade e assumpções. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram um ganho estatisticamente significativo para o nível de significância 0.05 no nível de pensamento crítico, ganhos não estatisticamente significativos em indução, dedução e observação e credibilidade e uma diminuição em assumpções. Os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram um ganho estatisticamente significativo para o nível de significância 0.05 em dedução e em assumpções, ganhos não estatisticamente significativos no nível de pensamento crítico e em indução e uma diminuição em observação e credibilidade.

No final da intervenção, nos grupos experimental e de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo não diferem estatisticamente no nível nem nos aspectos do pensamento crítico.

#### ***4.2.6.3 Uso de capacidades de pensamento crítico.***

O grupo experimental, no pós-teste, revelou uma frequência do uso de capacidades de pensamento crítico na área de estratégias e táticas maior do que na área de clarificação elementar. A tendência registada é no sentido inverso à observada no pré-teste. Os sujeitos do grupo experimental mostraram, ainda, uma frequência maior do uso de capacidades de pensamento crítico na área de inferência no pós-teste do que no pré-teste.

No grupo de controlo, no pós-teste, os sujeitos mostraram uma frequência do uso de capacidades de pensamento crítico menor na área de estratégias e táticas do que na área de clarificação elementar, contrariamente à tendência revelada no pré-teste. Os sujeitos do grupo de controlo não mostraram alteração na frequência do uso de capacidades de pensamento crítico na área de inferência no pós-teste em relação ao pré-teste.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES**

Organizou-se este capítulo em três secções. Na primeira, discutem-se os resultados obtidos, ensaiando a sua interpretação. Tecem-se ainda conclusões, apontando algumas implicações daí decorrentes. Na segunda, apresentam-se algumas limitações do estudo. Na terceira, sugere-se a realização de futuras investigações como forma de aprofundar algumas questões que emergiram do estudo.

#### **5.1 Discussão dos Resultados Obtidos Quanto ao Desempenho na Resolução de Problemas e Suas Implicações**

Parece poder afirmar-se que a implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula feita em pequeno grupo, de uma forma sistemática, contribui de uma forma significativa para a melhoria do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Esta afirmação é suportada pela diferença estatisticamente significativa observada no pós-teste entre o grupo experimental e o grupo de controlo. Parece, pois, que as actividades concebidas e desenvolvidas propositadamente para este estudo se poderão considerar como um instrumento a usar em sala de aula para promover o desempenho na resolução de problemas, principalmente, em termos dos processos.

Estes resultados confirmam os que têm vindo a ser obtidos em estudos tal como o de Newman et al. (1999), que observaram que num contexto de resolução individual de exercícios, o uso de processos tais como; planear investigações e decidir finalidades era bloqueado aos alunos. Por outro lado, Newman et al. mostraram que, se os alunos trabalhassem em grupo e a actividade proposta fosse aberta, sem as metas especificadas e portanto neste sentido, análoga a um problema da vida real, usavam estes processos. Também Wood (2006) propôs a resolução de problemas em

grupo com metas abertas, admitindo mais do que uma solução, com possíveis métodos de resolução nem sempre familiares e fornecendo dados insuficientes, tendo concluído que é possível promover nos alunos os processos, por exemplo, de ponderar critérios, escolher métodos de resolução e pesquisar e seleccionar dados.

Os resultados do presente estudo parecem confirmar estas conclusões, já que entre o pré e o pós-teste, o grupo experimental mostrou um ganho estatisticamente significativo no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Inicialmente, o grupo experimental apresentava uma média inferior à do grupo de controlo. Por sua vez, o grupo de controlo mostrou uma diminuição não estatisticamente significativa nesta variável.

Os resultados também parecem confirmar o pressuposto de que, se for promovida a resolução de problemas autónoma no trabalho experimental, geram-se mais oportunidades para o aluno se interrogar sobre as estratégias que adopta (Bonito, 2008). Com efeito, os alunos do grupo experimental mostraram uma melhoria no uso dos processos, que incluem *rever o planeamento*. Provavelmente, esta melhoria pode ter-se ficado a dever ao facto de terem sido solicitados a usar este processo de uma forma sistemática durante a intervenção. Os sujeitos do grupo de controlo não só não mostraram melhoria, como indicaram ter regredido no uso destes processos.

A melhoria do uso dos processos *planear investigações* e *rever o planeamento* revelada pelo grupo experimental pode também ser atribuída, provavelmente, ao facto de as actividades do programa de intervenção serem contextualizadas em situações da vida real, permitindo aos sujeitos do grupo experimental atribuir significado a situações de resolução de problemas, ao contrário dos sujeitos do grupo de controlo, que durante a intervenção resolveram exercícios de foro académico. Esta hipótese explicativa converge com o pressuposto de que a plausibilidade das situações aumenta a facilidade dos alunos relacionarem, de forma significativa, novas concepções com o conhecimento já existente na sua estrutura cognitiva, aumentando a probabilidade de as usarem na resolução de problemas científicos (Bonito, 2008).

Estes resultados confirmam os de vários estudos de que são exemplo o de Lopes et al. (2010), que mostraram que, mediante o uso de actividades contextualizadas em situações da vida real acompanhadas de mediação significativa do professor, é possível desenvolver nos alunos capacidades de pensamento de ordem superior; e o de Dori e Herscovitz citados na revisão de Cachapuz et al. (2008), que concluíram que relacionar a Ciência com fenómenos sociais e aplicar a tecnologia a situações que plausivelmente podem ocorrer na vida quotidiana é uma metodologia que melhora as capacidades de resolução de problemas dos alunos, pois torna-lhes a Ciência mais relevante e significativa.

Considera-se, assim, que os resultados respeitantes ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos permitem apontar para se poder rejeitar a primeira

hipótese nula, *a natureza das actividades não influencia o desempenho na resolução de problemas dos alunos.*

No âmbito da testagem da quarta hipótese nula, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades sobre o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre grupos no final da intervenção quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Deste modo, os resultados apontam para se poder aceitar esta hipótese.

Contudo, no grupo experimental, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram um ganho estatisticamente significativo, ao contrário dos seus colegas com pais de nível educacional baixo, que revelaram um ganho não estatisticamente significativo. Este resultado não é surpreendente, já que vários estudos têm mostrado que o rendimento escolar dos alunos em ciências está relacionado, entre outros factores, com o ambiente familiar o qual depende, em parte, do nível educacional dos pais (Reynolds e Walberg, 1991, 1992). A este propósito, Bonito (2008) argumenta que este efeito ocorre porque “(...) as concepções e as atitudes que os pais e os irmãos (e, eventualmente, os avós) têm acerca das ciências influenciam, de sobremaneira, a dedicação do aluno nas suas primeiras etapas escolares.” (p. 40). Também segundo McGraw (1992), o nível educacional dos pais é um factor decisivo do ambiente intelectual em casa, o qual pode estimular o aluno academicamente. Mc Graw designa este tipo de apoio familiar por *capital humano*, argumentando que este afecta o rendimento escolar dos alunos em conjunção com o *capital físico*, fornecido através de livros, computadores, etc; e com o *capital social*, resultante do tempo e esforço que os pais despendem em benefício do rendimento do aluno. De acordo com McGraw, a conjunção destes três tipos de apoio desempenha um papel importante na promoção do rendimento dos alunos, pois o capital humano e o capital físico não são, por si só, suficientes para assegurar o sucesso escolar se não houver adultos em casa que despendam tempo e esforço na educação da criança.

Assim, é-se levado a crer que no grupo experimental, os sujeitos com pais de nível educacional alto terão desenvolvido ao longo do percurso escolar atitudes como, por exemplo, hábitos de trabalho e de dedicação ao estudo que lhes permitiram beneficiar mais do programa de intervenção do que os colegas com pais de nível educacional baixo. Esta hipótese é igualmente válida para explicar a diferença estatisticamente significativa observada inicialmente no grupo de controlo entre os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Os primeiros apresentavam a média mais elevada.

A argumentação acabada de expôr é a habitualmente encontrada na literatura para explicar a tendência de alunos com pais de nível educacional alto desempenharem melhor em ciências; nomeadamente, na resolução de problemas (National Assessment Governing Board, 1999, 2004;

Suter, 2007). Contudo, este argumento não é válido quando se tentam explicar as mudanças observadas no grupo de controlo entre o pré e o pós-teste. Os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram uma diminuição e os seus colegas com pais de nível educacional baixo, mostraram um ganho não estatisticamente significativos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos. Estes dados são consistentes com os valores das medianas do desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos processos que, tal como se viu no capítulo 4, revelam que entre o pré e o pós-teste as cotações subiram no grupo experimental para os sujeitos quer com pais de nível educacional alto, quer baixo, enquanto que no grupo de controlo, as cotações dos sujeitos com pais de nível educacional alto desceram, tendo as dos sujeitos com pais de nível educacional baixo subido.

Uma razão que ocorre como possível explicação é o facto de amostra deste estudo não ter sido constituída aleatoriamente e assim provavelmente, não será representativa da população. Contudo, não se conseguem apontar razões para explicar as mudanças observadas no grupo de controlo.

Em suma, apesar de os dados apenas permitirem aceitar a quarta hipótese nula, é-se levado a crer que, especialmente para alunos com pais de nível educacional alto, a implementação sistemática de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula parece poder vir a constituir uma potencial estratégia de promover o desempenho na resolução de problemas em termos dos processos.

Voltando à testagem da primeira hipótese nula, *a natureza das actividades não influencia o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, constata-se que no final da intervenção, o grupo experimental e o grupo de controlo não diferem estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. Assim, estes resultados apenas permitem apontar para se aceitar esta hipótese.

Podem adiantar-se, à partida, duas razões explicativas para o facto de não se ter observado uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. Uma delas prende-se com o facto de as actividades usadas neste estudo, de natureza essencialmente minds-on, também incluírem características hands-on, já que requerem o manuseamento de materiais, seguido da descrição de procedimentos e do registo de dados.

Em particular o item E- *Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas*, mostrou-se moderadamente difícil no pré-teste (índice de dificuldade=0.45) e fácil no pós-teste (índice de dificuldade=0.94), enfraquecendo a sua capacidade de discriminação. É-se levado a pensar que este resultado poderá ser consequência dos sujeitos tanto do grupo experimental, como do grupo de controlo, se encontrarem familiarizados com o desempenho das actividades em termos das características hands-on, com as quais os produtos se relacionam mais do

que os processos. Assim, tornou-se menos provável poder observar diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. Esta hipótese explicativa apoia-se, também, nos dados fornecidos pelos alunos e professores envolvidos no estudo quando se pronunciaram por escrito sobre as actividades usadas neste estudo.

Uma das semelhanças apontadas entre as actividades propostas no âmbito desta investigação e os trabalhos realizados nas aulas foi o facto de requererem, para além da manipulação de materiais, registos de dados, procedimentos e conclusões. Veja-se o testemunho de um dos professores e de um dos alunos ao indicarem semelhanças entre o programa de intervenção e os trabalhos realizados nas aulas de Física e Química:

*Professor:* “O que torna esta actividade semelhante às actividades realizadas pelos alunos em sala de aula é o facto de os alunos também executarem a actividade laboratorial e procederem ao registo das observações e posterior registo de conclusões.”

*Aluno:* “Em outras actividades já registámos as variações de temperatura do objecto a cada minuto. Temos um planeamento, ainda que fornecido e as conclusões são esperadas no início da actividade.”

Assim, é-se levado a crer que tanto os sujeitos do grupo experimental, como os do grupo de controlo estavam habituados a desempenhar a resolução de problemas em termos do produto *registar os dados usando terminologia científica*. Apesar do programa de intervenção apelar, essencialmente, a produtos minds-on e de se terem dado aos professores recomendações acerca dos critérios estabelecidos para que a sua implementação promovesse o desempenho na resolução de problemas, provavelmente tal como relatam Shavelson, Copeland, Baxter, Dekker e Ruiz-Primo citados por Ruiz-Primo e Shavelson (1996), os professores continuam a encarar a implementação de actividades de investigação autêntica essencialmente como uma solicitação para manipular materiais, dando ênfase à parte hands-on. Consequentemente, não é de estranhar que os sujeitos da amostra tenham mostrado facilidade em responder a questões a que estavam habituados ao longo da sua escolaridade; isto é, quase exclusivamente centradas no registo de procedimentos (muitas vezes previamente fornecidos, como uma “receita”) e de dados (por vezes, forjados). Daí, a facilidade mostrada pelos sujeitos da amostra em responder ao item *E* no pós-teste.

Parece confirmar-se, assim, que nas nossas Escolas vai perdurando a ênfase em características hands-on na implementação de actividades experimentais em aulas de ciências. Esta preocupação tem sido recorrentemente documentada na literatura ao longo, pelo menos, dos últimos vinte anos, sendo bem expressa por Lunetta (1998) quando afirma: “Quando as actividades de laboratório forem bem integradas (...) e exigirem que os alunos manipulem ideias (não apenas



materiais e procedimentos), as actividades de laboratório podem promover a aprendizagem da Ciência.” (p. 260).

A outra possível razão de não se ter observado uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos prende-se com a dificuldade mostrada pelos sujeitos da amostra no desempenho relativo aos produtos *aplicar conhecimento científico e analisar e interpretar dados*.

Estes produtos são apelados, respectivamente, no item G- *A que conclusão ou conclusões é que chegou?* e no item H- *Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos*. Estes dois itens revelaram-se difíceis no pré-teste (índices de dificuldade=0.04 e 0.09) e no pós-teste (índices de dificuldade=0.05 e 0.09), mostrando uma fraca capacidade discriminante. Assim, tornou-se menos provável observar diferenças estatisticamente significativas entre os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. Esta hipótese explicativa apoia-se, também, nos dados provenientes das respostas escritas dos alunos e dos professores envolvidos no estudo sobre as actividades usadas neste estudo.

Uma das semelhanças apontadas pelos professores entre as actividades usadas neste estudo e os trabalhos realizados habitualmente nas aulas é a inferência de conclusões com base em dados e seu relacionamento com conteúdos previamente ensinados. Contudo, os professores declararam em diversas ocasiões, em entrevista informal, que as conclusões “a que se chega nas aulas” são, muitas vezes, indicadas previamente ou ao longo dos trabalhos como forma de assegurar que todos os alunos chegaram “ao fim”. Ilustra-se, a seguir, o testemunho de um dos professores ao referir como tornaria uma das actividades usadas neste estudo semelhante aos trabalhos realizados nas suas aulas:

*Professor:* “(...) daria indicações sobre aspectos a considerar no planeamento, no procedimento, no que registar e na forma de registar, bem como no tipo e aspectos das conclusões a retirar.”

Apresenta-se, agora, a transcrição da resposta de um dos alunos ao apontar diferenças entre uma das actividades usadas neste estudo e os trabalhos realizados nas aulas:

*Aluno:* “Não costumamos criar os nossos próprios procedimentos para tirar conclusões por nós próprios.”

Estes testemunhos levam a crer que os sujeitos da amostra tinham poucos hábitos de desempenho na resolução de problemas em termos dos produtos *aplicar conhecimento científico e analisar e interpretar dados*, que são essencialmente produtos minds-on, conceptualmente mais exigentes. Assim, tornou-se menos provável poder observar diferenças estatisticamente

significativas entre os grupos experimental e de controlo quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos.

Os produtos acabados de referir relacionam-se com o uso da capacidade *argumentar*, englobada na área do pensamento crítico das estratégias e táticas, a mais directamente relacionada com a resolução de problemas (Ennis, 1987). Com efeito, Cho e Jonassen citados por Jonassen e Kim (2010) mostraram que produzir argumentos coerentes para justificar soluções é uma capacidade particularmente importante na resolução de problemas não estruturados, tal como os que se encontram na vida real. Problemas com esta natureza não têm respostas convergentes e deste modo, os alunos são obrigados a construir argumentos que justifiquem as suas próprias soluções.

De acordo com a literatura os alunos adolescentes, que teoricamente deveriam ser capazes de compreender e construir argumentos, em geral não mostram facilidade em fazê-lo. Jonassen e Kim (2010) apontam como causas da dificuldade dos alunos em construir argumentos: a) falta de capacidades pedagógicas dos professores para promover a argumentação na aula, não criando assim oportunidades para praticar a argumentação, b) pressão externa para cumprir programas, não deixando tempo livre para o desenvolvimento desta capacidade nas aulas. Na opinião da autora desta investigação, estas causas são as principais responsáveis pela dificuldade que os sujeitos tanto do grupo experimental, como do grupo de controlo revelaram na construção de conclusões e na sua justificação.

Jonassen e Kim (2010) apresentam, ainda, outra causa da dificuldade dos alunos em construir argumentos: c) falta de conhecimento prévio, tendência a construir argumentos enviesando-os em função de convicções pessoais; generalização a partir de uma fonte de evidência pontual e fazer assumpções sem suporte em qualquer evidência. Efectivamente, pode ler-se no seu artigo:

Não é provável que adolescentes e jovens adultos construam argumentos a favor de posições contrárias ou distingam *evidência*, de *explicação a favor de um argumento*. (...) A fragilidade mais comum na argumentação é a falta de contra-argumentação. Quando as pessoas são solicitadas a gerar argumentos a favor ou contra as suas posições, tipicamente dão mais razões que apoiam a sua própria posição. (...) Embora teoricamente os jovens estudantes devam ser supostamente capazes de compreender e construir argumentos, a evidência empírica não suporta esta expectativa. (p. 442)

Deste modo, é-se levado a crer que os sujeitos dos grupos experimental e de controlo, provavelmente por estarem pouco habituados ao longo da sua escolaridade a construir argumentos, revelaram dificuldade em responder aos itens respeitantes à construção de conclusões e à sua justificação no pré-teste e no pós-teste. Ou seja, os sujeitos da amostra parecem ter relegado para segundo plano as respostas aos itens que apelavam à construção de argumentos, conceptualmente

mais exigentes, tendo-se centrado nos itens mais relacionados com características hands-on, nos quais tinham maior facilidade em dar resposta. Daí, provavelmente decorreu o facto de não se ter manifestado uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos no pós-teste quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos.

Não obstante no final da intervenção os dois grupos não diferirem estatisticamente quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, é de salientar que o grupo experimental apresentava, na situação inicial, uma média inferior à do grupo de controlo e que, tendo os dois grupos mostrado ganhos estatisticamente significativos, no pós-teste o grupo experimental revela uma média superior à do grupo de controlo. Para além disso, tal como se pôde ver no capítulo 4, as medianas revelam que no pré-teste, as cotações do grupo experimental eram inferiores às do grupo de controlo mas no final da intervenção, as medianas observadas nos dois grupos são idênticas.

Deste modo, apesar de os resultados apenas permitirem apontar para se aceitar a primeira hipótese nula, é-se levado a crer que a implementação sistemática de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula pode vir a constituir uma potencial estratégia de melhorar o desempenho na resolução de problemas em termos dos produtos.

No âmbito da testagem da quarta hipótese nula, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades sobre o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, não se observaram no final da intervenção diferenças estatisticamente significativas entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos. Assim, estes resultados apontam para se poder aceitar esta hipótese.

Com efeito, observaram-se ganhos estatisticamente significativos tanto para os sujeitos com pais de nível educacional alto, como baixo quer no grupo experimental, quer no grupo de controlo. A tendência revelada na situação inicial pelos sujeitos da amostra manteve-se no pós-teste; ou seja, a média dos sujeitos com pais de nível educacional alto do grupo experimental manteve-se superior à do grupo de controlo e a média dos sujeitos com pais de nível educacional baixo do grupo experimental manteve-se inferior à do grupo de controlo. Também os dados das medianas revelam que no pré-teste as cotações dos sujeitos quer com pais de nível educacional alto, quer baixo do grupo experimental eram inferiores às do grupo de controlo e no pós-teste, passaram a ser superiores. Pode, pois, admitir-se que os resultados quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos apontam para se poder aceitar a quarta hipótese nula.

Voltando à testagem da primeira hipótese nula, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, observou-se que o grupo experimental e o grupo de controlo não diferem estatisticamente no desempenho na resolução

de problemas traduzido na cotação global no final da intervenção. Estes resultados apontam para se poder aceitar esta hipótese.

Com efeito, entre a situação inicial e o final da intervenção tanto o grupo experimental, como o grupo de controlo mostraram ganhos estatisticamente significativos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global. Contudo, note-se que o grupo experimental apresentava, na situação inicial, uma média inferior à do grupo de controlo e que no final da intervenção, mostra uma média superior. Acresce que as medianas revelam que no pré-teste, as cotações dos sujeitos do grupo experimental eram inferiores às do grupo de controlo mas no final da intervenção, passaram a ser mais elevadas.

Pode, pois, admitir-se a possibilidade de os grupos experimental e de controlo revelarem uma diferença estatisticamente significativa em que a média mais elevada seria a do grupo experimental se não tivessem ocorrido as dificuldades já apontadas em relação aos produtos.

Deste modo, apesar dos resultados apenas permitirem aceitar a primeira hipótese nula, é-se levado a crer que a implementação sistemática de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula parece poder vir a constituir-se como uma estratégia de promover o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

No âmbito da testagem da quarta hipótese nula, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades sobre o desempenho na resolução de problemas dos alunos*, não se observaram no final da intervenção diferenças estatisticamente significativas entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global. Estes resultados levam a apontar para se poder aceitar esta hipótese.

Contudo, entre a situação inicial e o final da intervenção, independentemente do nível educacional dos pais, os sujeitos do grupo experimental mostraram ganhos estatisticamente significativos no desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram um ganho estatisticamente significativo, mas os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram um ganho não estatisticamente significativo. Relativamente às medianas, estas revelam que entre o pré e o pós-teste as cotações subiram no grupo experimental e no grupo de controlo para os sujeitos com pais de nível educacional quer alto, quer baixo. As medianas revelam que no pré-teste, as cotações dos sujeitos com pais de nível educacional alto do grupo experimental eram inferiores às do grupo de controlo, passando no pós-teste a ser mais elevadas. As medianas relativas às cotações dos sujeitos com pais de nível educacional baixo eram idênticas nos grupos experimental e de controlo no pré-teste, passando os sujeitos do grupo experimental a apresentar cotações mais elevadas no pós-teste.

Deste modo, apesar de os resultados apenas permitirem apontar para se aceitar a quarta hipótese nula, é-se levado a crer que, especialmente para alunos com pais de nível educacional alto,

a implementação sistemática de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula pode vir a constituir uma potencial estratégia de melhorar o desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação global.

Pensa-se, pois, poder admitir que a implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula favorece os alunos no desempenho na resolução de problemas traduzido quer nos processos, quer nos produtos, quer na cotação global; mas em particular, parece ter favorecido os alunos com pais de nível educacional alto quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e global.

Atendendo a que o nível educacional dos pais dos alunos portugueses de quinze anos de idade é, em geral, baixo, facto documentado em relatórios internacionais já mencionados anteriormente, no capítulo 1, que foi confirmado pelos dados dos sujeitos da amostra deste estudo, considera-se que a implicação dos resultados quanto ao desempenho na resolução de problemas traduzido nas cotações dos processos e global não será a ideal. No entanto, também se observaram ganhos dos sujeitos com pais de nível educacional baixo do grupo experimental, pelo que a intervenção também parece ter tido um efeito benéfico para estes sujeitos.

Para além disso, lembre-se que neste estudo se considerou como *nível educacional alto* possuir, pelo menos, o ensino secundário completo. Ora, embora este nível educacional não seja o mais frequente na população portuguesa com a faixa etária correspondente à dos pais de alunos de quinze anos de idade, o último relatório dos resultados do programa PISA 2009 (OCDE, 2010) aponta para que a tendência da população portuguesa de alunos actualmente no ensino secundário seja completar a escolaridade nos próximos três anos. Assim, apostar na implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula parece ser uma estratégia de ensino que traz benefícios quer a curto, quer a longo prazo.

Relativamente ao desempenho na resolução de problemas traduzido na cotação dos produtos, os resultados sugerem que o programa de intervenção teve um efeito benéfico idêntico para alunos com pais de nível educacional alto e baixo.

Parece, pois, que o uso de contextos de aprendizagem baseados na implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real não antagoniza um dos principais objectivos da actual Lei de Bases do Sistema Educativo, que é promover a equidade social do sistema. Segundo o Ministério da Educação (2009), “(...) a ineficiência do sistema público penaliza sobretudo os agregados familiares com condições sócio-económicas menos favoráveis.” (p. 1425).

Deste modo, pensamos poder afirmar que o uso de contextos de aprendizagem baseados na implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real pode constituir-se como uma abordagem do ensino das ciências para melhor preparar os alunos, independentemente do nível

educacional dos pais, para a resolução de problemas que se lhes deparem na futura vida profissional, bem como para o seu exercício da cidadania.

Assim sendo, está-se em condições de recomendar aos professores de ciências o uso de contextos de aprendizagem baseados na implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula.

## **5.2 Discussão dos Resultados Obtidos Quanto aos Aspectos e Quanto ao Nível de Pensamento Crítico e Suas Implicações**

Em termos do nível de pensamento crítico, atendendo a que no pós-teste o grupo experimental e o grupo de controlo não diferem estatisticamente, a que entre o início e o final da intervenção os dois grupos mostraram ganhos estatisticamente significativos e a que as médias do grupo de controlo se mostraram mais elevadas do que as do grupo experimental tanto no pré como no pós-teste, os resultados apontam para se poder aceitar a segunda hipótese nula, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o nível de pensamento crítico dos alunos*.

No entanto, durante a intervenção, tendo os sujeitos do grupo experimental sido organizados em pequeno grupo (grupos de três ou dois elementos), pode admitir-se que interagiram espontaneamente entre si enquanto trabalharam. Foi reconhecido pelos alunos participantes e pelos professores envolvidos no estudo que o programa de intervenção promove mais do que o habitual a interacção entre alunos do mesmo grupo. Eis o testemunho de um dos sujeitos do grupo experimental sobre os aspectos que tornam uma das actividades usadas neste estudo diferente dos trabalhos realizados nas aulas:

*Aluno:* “O facto de ser mais em grupo e podermos conversar mais sobre as nossas ideias. Partilhar ideias de modo a proceder à experiência de uma maneira mais nossa, e também de realizar a experiência em função das nossas decisões.”

Do mesmo modo, um dos professores apontou os seguintes aspectos que tornam uma das actividades usadas neste estudo diferente dos trabalhos que propunha habitualmente nas aulas:

*Professor:* “Precisamente o facto de serem os alunos a planificar a actividade. Assim vão desenvolver competências que ao seguirem um protocolo já elaborado nunca atingem. Como, tomada de decisões, aceitar opiniões dos outros, discutir as várias hipóteses ...”.

Atendendo aos testemunhos de alunos e professores como os acabados de referir e às observações que a investigadora fez das aulas em que decorreu a intervenção, é-se levado a crer que ao realizarem as actividades do programa de intervenção, os sujeitos do grupo experimental mobilizaram a capacidade de pensamento crítico *interactuar com outros* mais do que o faziam habitualmente nas aulas. Como já se referiu anteriormente, *interactuar com outros* é uma das

capacidades de pensamento crítico na área das estratégias e táticas que, segundo Ennis (1987), é a mais directamente relacionada com a resolução de problemas.

De facto, de acordo com os dados dos registos áudio, a área *estratégias e táticas* foi aquela em que foi observado um maior uso de capacidades por parte de sujeitos do grupo experimental no pós-teste, ao contrário do grupo de controlo, em que se observou um uso menor de capacidades nesta área. Foi importante ter-se registado esta diferença quanto às capacidades do pensamento crítico usadas pelos dois grupos, tanto mais, que a comunicação entre os alunos em sala de aula tem sido reconhecida como uma capacidade que assume particular importância na construção de conhecimento.

Por exemplo no ensino da Matemática, Ponte et al. (2007) advogam que o professor deve criar oportunidades em sala de aula para os alunos desenvolverem a capacidade de comunicação promovendo, por exemplo, a negociação oral de significados com os outros alunos e com o professor e o registo escrito das suas estratégias de resolução de problemas.

Pode, então, pensar-se em admitir que a diferença observada entre os dois grupos quanto ao uso de capacidades do pensamento crítico na área das estratégias e táticas terá ocorrido porque durante a intervenção, os sujeitos do grupo experimental foram solicitados a usar a capacidade *interactuar com outros* mais sistematicamente do que os seus colegas do grupo de controlo; isto é, foram solicitados a argumentar ao expôr uma posição, a refutar os desafios dos outros, a resumir as ideias dos outros, a apresentar alternativas e a clarificar questões.

Na verdade, o uso destas capacidades sobrepõe-se ao uso de outras, englobadas não só na área das estratégias e táticas, como nas demais áreas do pensamento crítico. Por exemplo, delinear uma investigação incluindo o planeamento de variáveis controláveis (capacidade de indução da área da inferência) envolve ser-se capaz de, por exemplo, clarificar questões, apresentar alternativas e apresentar uma posição oralmente ou por escrito (capacidades de *interactuar com outros*, da área das estratégias e táticas). Do mesmo modo, por exemplo definir o problema, rever e decidir, tomando em consideração a situação no seu todo e monitorizar a implementação (capacidades de decidir uma acção na área das estratégias e táticas) envolvem, por exemplo, identificar ou formular questões, manter presente em pensamento a situação e identificar ou formular critérios para ajuizar possíveis respostas (capacidades de focar uma questão na área da clarificação elementar).

Assim, dado que no grupo experimental, se observou no pós-teste um maior uso de capacidades sobretudo na área das estratégias e táticas e que as capacidades do pensamento crítico se desenvolvem de uma forma interdependente, seria de esperar observar uma diferença estatisticamente significativa entre o grupo experimental e o grupo de controlo no final da intervenção no nível de pensamento crítico em que o grupo experimental apresentasse a média mais elevada.

Acresce que, apesar de no pré-teste as medianas relativas ao nível de pensamento crítico serem idênticas nos dois grupos, no pós-teste a mediana do grupo experimental é a mais elevada, o que leva a crer que o programa de intervenção parece ter tido um papel relevante em relação aos alunos que apresentavam as cotações mais baixas no início da intervenção.

Também os dados provenientes do teste de pensamento crítico no final da intervenção mostram para o grupo experimental ganhos estatisticamente significativos no nível de pensamento crítico, em dedução, em observação e credibilidade e em assumpções e para o grupo de controlo ganhos estatisticamente significativos apenas no nível de pensamento crítico, em dedução e em assumpções. Contudo, observou-se em indução uma diminuição no grupo experimental e um ganho no grupo de controlo não estatisticamente significativos, que podem ter contribuído para que não se manifestasse uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos no nível de pensamento crítico.

Deste modo, apesar dos dados apenas permitirem aceitar a segunda hipótese nula, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia o nível de pensamento crítico dos alunos*, considera-se que a implementação sistemática em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real parece poder constituir uma potencial estratégia de promover o pensamento crítico.

Relativamente à terceira hipótese nula, *a natureza das actividades de resolução de problemas não influencia os aspectos do pensamento crítico que os alunos mobilizam*, observou-se que no final da intervenção o grupo experimental e o grupo de controlo não diferem estatisticamente nos aspectos do pensamento crítico. Atendendo também a que a tendência inicial das médias dos aspectos do pensamento crítico dos dois grupos se manteve; isto é, as médias do grupo de controlo apresentaram-se sempre mais elevadas, os dados apontam para se poder aceitar esta terceira hipótese.

Segundo Ennis, Millman e Tomko (1985), embora os aspectos do pensamento crítico sejam definidos isoladamente, existe uma interdependência considerável entre eles. Dois dos aspectos do pensamento crítico que se sobrepõem são a indução e a dedução. Ennis et al. (1985) referem que a dedução é subjacente à indução. De acordo com Ennis (1987), a indução é um aspecto que abrange generalizar e inferir hipóteses explicativas; por conseguinte, a facilidade de explicação está envolvida na indução. A dedução diz respeito, basicamente, a discernir se algo decorre necessariamente de algo. Ao nível elementar, a dedução envolve o conhecimento do significado de palavras e afirmações e portanto, também envolve explicar. Na verdade, ao inferir hipóteses para explicar factos (indução), usamos inevitavelmente a dedução para aceitar ou rejeitar hipóteses alternativas.



Deste modo poder-se-ia pensar que, ao promover capacidades de indução, se promovem, forçosamente, capacidades de dedução. No entanto, neste estudo o grupo experimental mostrou um ganho estatisticamente significativo em dedução e uma diminuição não estatisticamente significativa em indução.

Estes resultados são consistentes com o padrão de relação entre dedução e indução que tem emergido em diversos estudos empíricos que evidenciam que, existindo ganhos num destes aspectos, então não se observam ganhos no outro aspecto. É o caso do estudo de Santos (2000), que conduziu a uma diminuição em indução e a um aumento em dedução; do estudo de Tenreiro-Vieira (1994), no qual a promoção de indução produziu ganhos em dedução, mas não em indução; do estudo de Teixeira (2001), que obteve ganhos estatisticamente significativos em dedução, mas não em indução. Por outro lado, Vieira (1995) obteve ganhos estatisticamente significativos em indução, mas não em dedução e Rodrigues (2001) obteve ganhos estatisticamente significativos em indução e em dedução.

Neste estudo, o programa de intervenção apela de uma forma explícita ao uso de capacidades de indução no item *A*, que pede para planificar uma ou mais experiências que permitam decidir o que fazer em diferentes situações contextualizadas. Para responder a este item, os sujeitos do grupo experimental necessitavam de usar o raciocínio indutivo, já que ao longo da intervenção foram apelados sistematicamente a delinear investigações, incluindo o planeamento de variáveis controláveis.

Assim, a diminuição mostrada pelo grupo experimental em indução não é consistente com o seu ganho estatisticamente significativo revelado nos processos, nem com os dados provenientes das gravações áudio, em que se registou por parte de sujeitos do grupo experimental um maior uso das capacidades de pensamento crítico na área da inferência, na qual as capacidades de indução estão englobadas.

Deste modo, apesar dos resultados apenas permitirem aceitar a terceira hipótese nula, considera-se que seriam necessários dados de outra natureza para permitir aceitar ou rejeitar esta hipótese em termos de indução.

Por outro lado, o programa de intervenção solicita explicitamente o uso de dedução no item *AI*, que pede para explicar a finalidade das experiências propostas para resolver diferentes situações contextualizadas. Ao explicar a finalidade de cada experiência delineada, os sujeitos do grupo experimental foram solicitados sistematicamente a interpretar o enunciado das actividades e de indicar condições necessárias e suficientes que lhes viessem a permitir inferir conclusões plausíveis, tendo assim mais oportunidades de desenvolver o raciocínio dedutivo do que o grupo de controlo.

Assim, o ganho estatisticamente significativo mostrado pelo grupo experimental em dedução é consistente com o seu ganho estatisticamente significativo observado nos processos, bem como

com os dados dos registos áudio que mostram que no pós-teste, os sujeitos do grupo experimental aumentaram mais do que o grupo de controlo o uso das capacidades de pensamento crítico na área da inferência, da qual as capacidades de dedução fazem parte.

Contudo, note-se que entre a situação inicial e o final da intervenção o grupo de controlo também mostrou um ganho estatisticamente significativo em dedução. Para além disso, os dados dos registos áudio mostram que a inferência foi uma das áreas em que se observou menos o uso de capacidades de pensamento crítico por parte dos sujeitos da amostra. Assim, a probabilidade de detectar uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos em dedução possivelmente diminuiu.

Deste modo, apesar dos resultados obtidos em dedução só permitirem aceitar a terceira hipótese nula, considera-se que seriam necessários dados de outra natureza para permitir aceitar ou rejeitar esta hipótese.

Outros dois aspectos do pensamento crítico que se sobrepõem são a observação e a credibilidade. Segundo Ennis (1987), estes são considerados como aspectos essenciais e cruciais para *decidir uma acção*, uma das capacidades mais directamente associadas à resolução de problemas. Não existe uma linha de divisão precisa entre *observação* e *credibilidade* pois muitas vezes, usamos critérios de credibilidade para julgarmos relatos de observações feitas por outra pessoa em situações em que não temos acesso directo à base das suas observações, para além de também usarmos estes critérios para realizarmos as nossas próprias observações com fiabilidade.

A sobreposição entre observação e credibilidade reflecte-se no teste de Cornell (Nível X), que mede estes dois aspectos pelos mesmos itens. Isto significa que mediante a administração deste teste, registando-se ganhos para um aspecto, registam-se os mesmos ganhos para o outro, e vice-versa.

O programa de intervenção apela explicitamente ao uso de observação e de credibilidade nos itens *D* e *E* que pedem, respectivamente, para descrever procedimentos realizados e para registar dados e observações efectuadas. Ao responder a estes itens, os sujeitos do grupo experimental foram solicitados, sistematicamente, a avaliar a credibilidade de fontes de cada vez que pediam aos colegas de grupo que relatassem uma observação, a observar para registar num curto intervalo de tempo entre a observação e o registo e a corroborar cada observação, procurando garantir a satisfação do observador ou do relator. Assim, os sujeitos do grupo experimental tiveram mais oportunidades do que o grupo de controlo de usar as capacidades de observação e credibilidade.

O ganho estatisticamente significativo em observação e credibilidade observado no grupo experimental, mas não no grupo de controlo é consistente com os dados relativos às medianas dos dois grupos. No pré-teste, a mediana em observação e credibilidade era menor no grupo

experimental, mas no pós-teste passou a ser idêntica nos dois grupos, o que leva a crer que o programa de intervenção parece ter tido um papel relevante para os alunos que apresentavam as cotações mais baixas em observação e credibilidade no início da intervenção.

O facto do ganho por parte do grupo experimental não se ter mostrado suficientemente grande para que a diferença entre os dois grupos fosse estatisticamente significativa poderá ter-se ficado a dever ao facto de, como já se referiu no capítulo 4, a área de suporte básico, que engloba a observação e a credibilidade, ter sido uma das que os sujeitos da amostra menos usaram. Assim, a probabilidade de detectar uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos em termos de observação e credibilidade terá diminuído.

Deste modo, apesar dos resultados obtidos em termos de observação e de credibilidade apenas permitirem aceitar a terceira hipótese nula, considera-se que a implementação sistemática em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real parece poder constituir-se como uma potencial estratégia para promover a observação e credibilidade.

Estes resultados confirmam os obtidos em diversos estudos empíricos destinados a promover o pensamento crítico. Santos (2000) e Teixeira (2001), por exemplo, obtiveram ganhos estatisticamente significativos em observação e credibilidade para o nível de significância 0.10. Santos argumenta que, ao implementar programas de intervenção para desenvolver o pensamento crítico, é pouco provável observar diferenças estatisticamente significativas em observação e credibilidade porque a capacidade de observação é, segundo Vieira e Tenreiro-Vieira (citados por Santos, 2000), uma das mais frequentemente apeladas no quadro do ensino das ciências, ainda que a maior parte das vezes de forma não intencional nem sistemática.

Com efeito, os dados provenientes das diversas fontes usadas neste estudo levam-nos a crer que as capacidades de observação e credibilidade a que os materiais curriculares apelam (currículo intencional), muitas vezes acabam por não ser solicitadas aos alunos aquando da sua implementação nas aulas (currículo implementado), situação para a qual provavelmente contribui o facto deste apelo não ser explícito e não obrigar os alunos a usar estas capacidades efectivamente, não proporcionando ao professor a possibilidade de monitorar o seu uso por parte dos alunos. Atenda-se às seguintes transcrições das respostas de um dos sujeitos da amostra e de um dos professores envolvidos no estudo aos questionários acerca das diferenças entre os trabalhos realizados habitualmente nas aulas e o programa de intervenção:

*Aluno:* “(...) em referência às experiências que [geralmente nas aulas] são realizadas é-nos dada uma folha com os dados correctos (...)”.

*Professor:* “Não há semelhanças com nenhuma actividade realizada pelos alunos, visto que [geralmente nas aulas] para este tema analisamos dados experimentais (...) retirados do livro do professor e montam a experiência, não a tendo realizado. Fazem o gráfico  $T = f(t)$ ”.

Constata-se assim, que durante a realização dos trabalhos habituais nas aulas, as capacidades de observação e credibilidade parecem ser solicitadas aos alunos de uma forma casuística, já que por vezes, lhes são fornecidos à priori os dados do trabalho laboratorial, em vez de terem que os obter por via experimental.

Mais, em investigação educacional, contexto em que muitas vezes é requerido o uso das capacidades de observação e credibilidade como é o caso das técnicas de observação em sala de aula, estas afiguram-se-nos complexas e difíceis de realizar. No entanto e paradoxalmente, não se ensinam aos alunos os critérios subjacentes ao uso destas capacidades nem se lhes faz apelo de uma forma sistemática. Estas capacidades acabam, assim, por serem menosprezadas no processo de ensino-aprendizagem caindo-se, muitas vezes, na ilusão de que “ensinar a observar” é o mesmo que “ensinar a ver”.

O aspecto do pensamento crítico *assumpções* inclui-se na área da clarificação elaborada. Segundo Ennis (1987), identificar *assumpções* dos outros é uma capacidade crucial para se decidir uma acção; isto é, para se resolver problemas. De acordo com Ennis et al. (1985), uma *assumpção*, para se considerar como tal, deve perfazer um ou mais aspectos em falta para completar um raciocínio.

O programa de intervenção solicita aos alunos a identificação de *assumpções* e a reconstrução de argumentos no item *A*, que pede para planificar uma ou mais experiências que permitam decidir o que fazer em diferentes situações contextualizadas, e no item *AI*, que pede para explicar a finalidade de cada uma das experiências propostas. Assim, durante a intervenção os sujeitos do grupo experimental terão tido mais oportunidades de identificar *assumpções* do que os sujeitos do grupo de controlo.

O ganho estatisticamente significativo em *assumpções* do grupo experimental é consistente com o seu ganho estatisticamente significativo observado nos processos. No entanto, no grupo de controlo também se observou um ganho estatisticamente significativo em *assumpções*. Acresce que, tal como já se referiu no capítulo 4, as gravações áudio mostram que a área da clarificação elaborada, na qual as capacidades de identificação de *assumpções* estão englobadas, foi daquelas em que se observou menos uso de capacidades de pensamento crítico por parte dos sujeitos da amostra. Possivelmente por esta razão, tornou-se menos provável detectar diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos em identificação de *assumpções*.

Deste modo, apesar dos resultados obtidos em termos de *assumpções* apenas permitirem aceitar a terceira hipótese nula, considera-se que seriam necessários dados de outra natureza para permitir aceitar ou rejeitar esta hipótese.

No âmbito da testagem da quinta hipótese nula, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades de resolução de problemas sobre o nível de pensamento crítico*

*dos alunos*, não se observaram no final da intervenção diferenças estatisticamente significativas entre grupos. Para além disso, as medianas mostram que as cotações dos sujeitos com pais de nível educacional alto mantiveram a tendência inicial de se apresentarem mais elevadas no grupo de controlo, bem como as cotações dos sujeitos com pais de nível educacional baixo, que se apresentam mais elevadas no grupo experimental quer no pré, quer no pós-teste. Assim, os resultados apontam para se poder aceitar esta hipótese.

Atenda-se no entanto a que no grupo experimental, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram um ganho não estatisticamente significativo no nível de pensamento crítico, enquanto que os seus colegas com pais de nível educacional baixo revelaram um ganho estatisticamente significativo. No grupo de controlo ocorreu o contrário. Assim, o pressuposto da literatura acerca da relação entre o nível educacional dos pais e o rendimento escolar dos alunos, já mencionado anteriormente, parece ter sido infirmado pelo resultado do grupo experimental e confirmado pelo resultado do grupo de controlo.

Deste modo, apesar dos resultados obtidos em termos do nível de pensamento crítico apenas permitirem aceitar a quinta hipótese nula, é-se levado a crer que, especialmente para alunos com pais de nível educacional baixo, a implementação sistemática de actividades com a natureza de problemas da vida real em sala de aula indicia poder vir a constituir uma potencial estratégia de melhorar o nível de pensamento crítico, ao contrário da implementação de exercícios académicos em sala de aula, que parecem melhorar o nível de pensamento crítico especialmente de alunos com pais de nível educacional alto.

Assim, o uso de contextos de aprendizagem baseados na implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real em vez de contextos de aprendizagem baseados na implementação de exercícios académicos afigura-se como uma mudança desejável na abordagem do ensino das ciências, visto que converge com o objectivo da actual Lei de Bases do Sistema Educativo de promover a equidade social do sistema, em termos da promoção do nível de pensamento crítico dos alunos.

No âmbito da testagem da sexta hipótese nula, *o nível educacional dos pais não modera o efeito da natureza das actividades de resolução de problemas sobre os aspectos do pensamento crítico mobilizados pelos alunos*, não se observaram no final da intervenção diferenças estatisticamente significativas entre grupos quanto aos aspectos do pensamento crítico; logo, os resultados apontam para se poder aceitar esta hipótese.

Contudo, as mudanças observadas entre a situação inicial e o pós-teste nos quatro grupos foram diferentes.

Em indução, no grupo experimental os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram uma diminuição e os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram um ganho

não estatisticamente significativos. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto e baixo mostraram ganhos não estatisticamente significativos. Por outro lado, as medianas dos sujeitos com pais de nível educacional alto, inicialmente idênticas nos grupos experimental e de controlo, revelam a subida das cotações do grupo de controlo e a descida das cotações do grupo experimental. As medianas dos sujeitos com pais de nível educacional baixo, inicialmente também idênticas nos grupos experimental e de controlo, mantêm-se idênticas no final da intervenção.

Estes resultados sugerem que a diminuição em indução observada no grupo experimental se ficou a dever aos sujeitos com pais de nível educacional alto. Deste modo, apesar dos dados apenas permitirem aceitar a sexta hipótese nula, é-se levado a considerar que seriam necessários dados de outra natureza para aceitar ou rejeitar esta hipótese.

Em dedução, os sujeitos do grupo experimental com pais de nível educacional alto e baixo e no grupo de controlo, apenas os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram ganhos estatisticamente significativos.

Deste modo, apesar dos resultados só permitirem aceitar a sexta hipótese nula, é-se levado a crer que especialmente para alunos com pais de nível educacional alto, a implementação sistemática em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real parece poder vir a constituir uma potencial estratégia de promover a dedução.

Uma possível razão que pode ter levado os sujeitos com pais de nível educacional alto a beneficiar mais do programa de intervenção em termos de dedução poderá prender-se com o facto de perante actividades como as do programa de intervenção, que apelam explicitamente ao uso de dedução, estes alunos, dispondo à partida de mais oportunidades, no seu contexto diário, de desenvolver o raciocínio dedutivo, terem mostrado mais facilidade em desenvolver o uso desta capacidade de pensamento crítico.

Pode ainda notar-se que os resultados dos sujeitos com pais de nível educacional alto do grupo experimental são consistentes com o padrão de relação entre indução e dedução que tem emergido em diversos estudos empíricos, já referido anteriormente. Contudo, o mesmo não se passou em relação aos restantes sujeitos da amostra, pois mostraram ganhos nestes dois aspectos do pensamento crítico.

Em observação e credibilidade, no grupo experimental tanto os sujeitos com pais de nível educacional alto como baixo mostraram ganhos não estatisticamente significativos. No grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram uma diminuição e os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram um ganho não estatisticamente significativos.

Deste modo, os sujeitos com pais de nível educacional baixo parecem ter beneficiado mais do programa de intervenção porque não só não desceram, tal como os sujeitos do grupo de controlo, como ainda mostram um ganho em observação e credibilidade. Mais, embora no pré-teste as

medanas dos sujeitos com pais de nível educacional baixo dos grupos experimental e de controlo fossem idênticas, no pós-teste a mediana do grupo experimental passou a apresentar-se mais elevada. Relativamente aos sujeitos com pais de nível educacional alto, esta tendência não se observou, tendo-se apresentado inicialmente as medianas idênticas para os dois grupos mas no pós-teste, a mediana do grupo de controlo mostrou-se mais elevada. Estes dados levam a crer que o programa de intervenção parece ter tido um papel relevante em relação aos sujeitos com pais de nível educacional baixo que apresentavam as cotações mais baixas em observação e credibilidade. Estes dados também levam a crer que o ganho estatisticamente significativo mostrado pelo grupo experimental em observação e credibilidade se ficou a dever, possivelmente, aos sujeitos com pais de nível educacional baixo.

Assim, apesar dos dados só permitirem aceitar a sexta hipótese nula, é-se levado a crer que em especial, para alunos com pais de nível educacional baixo, a implementação sistemática em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real indicia poder vir a constituir uma potencial estratégia de promover a observação e credibilidade.

Estes resultados não se afastam dos obtidos num estudo empírico desenvolvido no âmbito do ensino das ciências destinado a promover o pensamento crítico (Rodrigues, 2001), que revelou uma diminuição estatisticamente significativa no grupo de controlo e não produziu ganhos estatisticamente significativos no grupo experimental em observação e credibilidade. Segundo Rodrigues, aparentemente o processo de ensino-aprendizagem, tal como geralmente decorre, bloqueia o desenvolvimento das capacidades de observação e credibilidade dos alunos, pois solicita-os essencialmente a aceitar o que lhes é apresentado factualmente, não observando nem avaliando a credibilidade do que lhes depara. A autora da presente investigação não só partilha da crença de Rodrigues, como é levada a crer que esta tendência se torna mais dramática no caso de alunos com pais de nível educacional baixo. Estes alunos, dispendo de menos capital humano do que os seus colegas com pais de nível educacional alto, possivelmente não dispõem de tantas oportunidades, no seu contexto diário, de desenvolver a capacidade de observação e de avaliar a credibilidade do que lhes surge, parecendo perder hábitos de usar estas capacidades de pensamento crítico se, ao longo do processo de ensino-aprendizagem, estas não lhes forem apeladas sistematicamente.

Em assumções, no grupo experimental observou-se um ganho estatisticamente significativo para os sujeitos com pais de nível educacional alto e um ganho não estatisticamente significativo para os sujeitos com pais de nível educacional baixo. No grupo de controlo, observou-se uma diminuição não estatisticamente significativa para os sujeitos com pais de nível educacional alto e um ganho estatisticamente significativo para os sujeitos com pais de nível educacional baixo.

Estes resultados sugerem que o programa de intervenção beneficiou mais os sujeitos com pais de nível educacional alto visto que não só, não desceram como sucedeu no grupo de controlo, como ainda mostraram um ganho estatisticamente significativo em *assumpções*.

Deste modo, apesar dos resultados em *assumpções* só permitirem aceitar a sexta hipótese nula, é-se levado a crer que para alunos com pais de nível educacional alto, a implementação sistemática em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real indicia ser uma estratégia que beneficia a identificação de *assumpções*.

Uma possível razão que poderá ter levado os sujeitos com pais de nível educacional alto a beneficiar mais em *assumpções* pode prender-se com o facto destes alunos, perante actividades como as do programa de intervenção, que apelam explicitamente à identificação de *assumpções* e à reconstrução de argumentos, dispondo no seu contexto diário de mais oportunidades de usar estas capacidades do pensamento crítico, terem mostrado mais facilidade em desenvolver o seu uso.

O argumento acabado de expôr não é válido quando se tenta compreender porque razão, entre o início e o final da intervenção, no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto mostraram uma diminuição na identificação de *assumpções*. Poder-se-ia pensar que o processo de ensino-aprendizagem, tal como geralmente decorre, bloqueia o desenvolvimento das capacidades de identificar *assumpções* dos outros e de reconstruir argumentos, tal como já se referiu a propósito dos aspectos *observação e credibilidade*. Mas então, como explicar que os sujeitos com pais de nível educacional baixo do grupo de controlo tenham mostrado um ganho estatisticamente significativo? Esta questão fica por responder.

Ainda de denotar que tanto no grupo experimental, como no grupo de controlo, os sujeitos com pais de nível educacional alto foram os que mantiveram sempre as médias mais elevadas no nível de pensamento crítico. Este resultado corrobora a existência de correlação positiva, ainda que fraca, entre o estatuto sócio-económico do aluno e o seu nível de pensamento crítico (Ennis et al., 1985). Assim, pode adiantar-se como explicação deste resultado o facto de alunos favorecidos em termos do estatuto sócio-económico terem mais oportunidades de desenvolver o tipo de conhecimento cognitivo medido por testes de papel e lápis como o de Cornell (Nível X).

Esta argumentação é válida em relação às médias observadas antes e após a intervenção nalguns dos aspectos do pensamento crítico, mas não em todos. Com efeito em dedução, no grupo experimental os sujeitos com pais de nível educacional baixo mostraram uma média mais elevada do que os seus colegas com pais de nível educacional alto no pós-teste. Em *assumpções*, também se manifestou esta tendência no grupo experimental no pré-teste e no grupo de controlo, no pós-teste.

A razão ou razões pelas quais se observaram estes desvios da tendência esperada permanecem por explicar.



### 5.3 Limitações do Estudo

Uma das limitações do estudo é o facto da selecção dos participantes ter sido feita por conveniência. A selecção teve que ser assim feita por força de se ficar limitado às Escolas cujos professores se disponibilizaram, efectivamente, para colaborar. Como se sabe, em investigação educacional, por razões éticas, é requerido que os sujeitos colaborem de livre vontade (Gall et al., 2007; Martins, 1998).

Por esta razão, tal como já se referiu no capítulo 3, tomaram-se medidas para assegurar que a amostra de sujeitos representasse, da melhor forma, a população de interesse. Nomeadamente, optou-se à partida por abordar apenas escolas secundárias, localizadas na mesma NUT ao nível III, escolheram-se turmas frequentando a mesma opção curricular, o mesmo ano de escolaridade e o mesmo regime de ensino. Para além disso, os sujeitos da amostra tinham a idade média de 15.6 anos, a qual é considerada típica dos alunos que iniciam o ensino secundário (UNESCO, 1997) e tinham tido como condição de acesso ao décimo ano a frequência com aproveitamento do nono ano, ou a prestação de provas de competência vocacional e técnica equivalente à experiência educacional do nono ano. Para além destes aspectos, verificou-se que durante a intervenção, os sujeitos seleccionados não participaram noutro projecto ou programa inovador de ensino.

Outra limitação deste estudo prende-se com a amostra de sujeitos ser de pequena dimensão. O número de sujeitos disponível nas escolas que se disponibilizaram para, efectivamente, participar no estudo, criou a necessidade de incluir nos grupos sujeitos com pai e mãe de níveis educacionais considerados altos ou baixos em função de um contínuo de níveis de ensino, em vez de incluir apenas sujeitos com pais de níveis educacionais extremos. Este critério trouxe como consequência diminuir a probabilidade de discriminar grupos quanto a diferenças nas variáveis dependentes em função do nível educacional dos pais. No entanto, para distribuir os sujeitos da amostra de uma forma balanceada em função da condição de tratamento e do nível educacional dos pais, foi forçoso evitar a perda de um número considerável de sujeitos da amostra, o que tornaria impossível efectuarem-se as análises estatísticas pretendidas.

Na implementação do desenho de investigação adoptado, apesar de se ter minimizado, dentro do possível, a probabilidade de difusão do tratamento para o grupo de controlo, não foi possível evitar que uma turma de controlo e duas experimentais funcionassem na mesma escola, como já referido anteriormente no capítulo 3; nomeadamente, as medidas tomadas para minimizar este efeito.

Também se tornou difícil controlar o factor *professor*. Foi necessário adoptar medidas para assegurar, da melhor forma, que os professores envolvidos no estudo adoptassem práticas docentes de abordagem da resolução de problemas e do inquérito científico durante a implementação do

programa de intervenção. Apesar de se ter dado a conhecer aos professores um conjunto de instruções relacionadas com as interacções que seria desejável manterem com os alunos durante a administração das actividades usadas neste estudo, se a investigadora não tivesse acompanhado os docentes estes iriam agir, tendencialmente, de acordo com as práticas habituais em sala de aula. Ou seja, teriam fornecido aos alunos indicações gerais antes, e durante a realização das actividades, a fim de se assegurarem que todos os grupos de trabalho chegavam ao mesmo resultado, teriam distribuído a cada grupo o material necessário e suficiente para realização das experiências e teriam dado indicações sobre as conclusões a tirar. Estas informações foram dadas informalmente pelos professores envolvidos no estudo no final da realização de cada actividade da intervenção, tendo sido registadas como notas de campo.

Assim, em termos das finalidades da investigação foi importante ter havido, por parte da investigadora, um acompanhamento dos professores envolvidos no estudo como forma de assegurar que a administração do programa de intervenção foi feita segundo uma abordagem de inquérito científico e de resolução de problemas; contudo, nem sempre se conseguiram controlar as interacções entre os professores e os respectivos alunos. Reconhece-se que, como forma de garantir uma apropriação de práticas docentes em sala de aula compatíveis com uma abordagem de inquérito científico e de resolução de problemas, deveria ter-se conduzido no estudo uma formação mais prolongada com os professores envolvidos antes da implementação do programa de intervenção.

A pré-testagem da totalidade dos sujeitos da amostra quanto ao desempenho na resolução de problemas decorreu ao longo de dois meses, enquanto que a pós-testagem decorreu durante um mês. Visto que o desempenho na resolução de problemas difere com a ocasião, esta não uniformidade no tempo de duração da avaliação entre a situação inicial, e o final da intervenção contribuiu para enfraquecer a validade interna. Contudo, não foi possível administrar o tratamento ultrapassando razões que se prenderam com o calendário escolar e com a incompatibilidade de horários entre os professores envolvidos no estudo.

A literatura aconselha diversos períodos de tempo de intervenção para implementar programas destinados a desenvolver capacidades de pensamento crítico, podendo considerar-se que o período de tempo mais comumente referido corresponde a dez semanas. Ora, a implementação do programa de intervenção decorreu, efectivamente, durante nove semanas, por razões que se prenderam com a disponibilidade dos professores e com o calendário escolar. Se o tempo de intervenção tivesse sido mais prolongado, possivelmente os ganhos do grupo experimental em termos do desempenho na resolução de problemas do pensamento crítico teriam sido mais elevados.

O programa de intervenção cumpre os critérios que foram estabelecidos, à partida, quanto à natureza das actividades que se pretendiam usar no estudo. No entanto, alguns dos itens das actividades usadas neste estudo mostraram, no estudo principal, fraca capacidade discriminante,

facto que terá contribuído para atenuar diferenças entre grupos quanto ao desempenho na resolução de problemas.

#### 5.4 Futuras Investigações

Atendendo às questões que foram emergindo ao longo desta investigação que não puderam ser respondidas, sugerem-se algumas futuras investigações.

Ao ensaiar interpretações para os resultados obtidos quanto ao desempenho na resolução de problemas, considerou-se ser importante desenvolver estudos que permitam esclarecer porque motivo a implementação em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real parece beneficiar especialmente os sujeitos com pais de nível educacional alto, enquanto que a implementação em sala de aula de exercícios académicos parece beneficiar mais os sujeitos com pais de nível educacional baixo no desempenho na resolução de problemas em termos dos processos e da cotação global. Igualmente importante seria averiguar porque razão não parece existir um padrão em termos do nível educacional dos pais no desempenho dos alunos na resolução de problemas em termos dos produtos.

Relativamente aos resultados obtidos quanto ao nível e aos aspectos do pensamento crítico, revelou-se a necessidade de desenvolver estudos que permitam aprofundar o estudo da relação entre indução e dedução considerando o nível educacional dos pais.

Também seria importante explicar as razões que terão levado os sujeitos com pais de nível educacional baixo a beneficiarem mais do programa de intervenção no nível de pensamento crítico e em observação e credibilidade; e as razões que terão levado os sujeitos com pais de nível educacional alto a beneficiarem mais do programa de intervenção em dedução e em assumpções.

Assim, considera-se que seria importante desenvolver investigações para explorar factores sócio-económicos do contexto de aprendizagem que pudessem contribuir para esclarecer como é influenciado o desempenho na resolução de problemas e o nível e os aspectos do pensamento crítico dos alunos.

Durante a implementação do programa de intervenção, conduziu-se um processo contínuo de negociação e de acompanhamento dos professores no sentido de se apropriarem de práticas docentes de promoção da resolução de problemas. Seria importante averiguar até que ponto este tipo de investigação pode influenciar a forma como os professores de ciências encaram o ensino da resolução de problemas e do pensamento crítico.

Neste sentido, propõe-se incentivar a metodologia de investigação com base no planeamento, termo que muitas vezes é referido por *DBR* (design-based research). Segundo Oliveira et al. (2009), esta metodologia, forma ou paradigma de investigação possibilita a recolha

de dados sobre como decorre a aprendizagem das ciências e sobre como os professores vencem dilemas ao implementar actividades inovadoras e distintas das usadas habitualmente nas aulas permitindo, assim, a construção de conhecimento profissional e o uso de estratégias de ensino fundamentadas com base nos resultados da investigação educacional. Tipicamente, as actividades inovadoras a que os autores mencionados se referem podem envolver problemas a ser resolvidos num determinado contexto social. Pensa-se ser importante abordar cada vez mais, no futuro, esta problemática com base na metodologia DBR. Esta poderá ser uma forma de contribuir não só, para a mudança de práticas de professores, como para validar propostas curriculares que pressupõem ajudar os alunos a desenvolver as capacidades de pensamento crítico inerentes ao desempenho na resolução de problemas.

### 5.5 Comentário Final

Em jeito de comentário final, visando-se a formação dos nossos alunos de modo a torná-los cidadãos capazes de enfrentar os desafios actuais e futuros que a sociedade impõe, é-se levado a crer com base nas conclusões deste estudo que há vantagem na implementação em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real, pois não só promovem o desempenho na resolução de problemas dos alunos em geral, como não penalizam os alunos com pais de nível educacional alto em termos dos processos, como sucedeu com os sujeitos deste estudo que resolveram exercícios académicos.

Igualmente importante foi ter-se constatado que a implementação em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real, quando comparada com exercícios académicos, parece trazer benefícios no nível de pensamento crítico e em observação e credibilidade para sujeitos com pais de nível educacional baixo e em dedução e em assumpções para sujeitos com pais de nível educacional alto; além disso, perante a implementação de exercícios académicos, os sujeitos com pais de nível educacional baixo parecem ser penalizados em observação e credibilidade e os sujeitos com pais de nível educacional alto, em assumpções. Assim, a implementação de actividades com a natureza de problemas da vida real parece poder vir a constituir-se como uma potencial estratégia de promoção do pensamento crítico dos alunos com nível educacional alto e baixo, contribuindo assim para a sua formação enquanto cidadãos capazes de pensar reflexivamente e de decidir acerca de situações complexas que se lhes deparem na vida real, presente ou futura.

## **APÊNDICE A**

### **ACTIVIDADES 1, 2 E 3**

## Actividade 1

---

Ideias:

- \* O valor da densidade permite identificar materiais.
- \* A densidade de líquidos pode ser determinada através de medições de massa e de volume.
- \* És engenheiro químico numa indústria alimentar e a direcção pede-te que averigues porque razão o conteúdo de latas de *Coca-Cola* e de *Coca-Cola Light*, retiradas ao acaso de lotes da produção, aparece por vezes trocado.

1 - Tarefa:

1.1 – Determina, experimentalmente, a massa de 5 mL, 10 mL, 15 mL e 20 mL de cada tipo de *Coca-Cola*. Determina a densidade média de cada tipo de *Coca-Cola*.

Material disponível:

Provetas, gobelés, funis, varetas de vidro, balança de precisão, *Coca-Cola* e *Coca-Cola Light* desarejadas.

2 – Relatório:

2.1 - Através de um relatório pormenorizado, informa a direcção da empresa sobre a falha do sistema de produção responsável pela troca dos conteúdos das latas de *Coca-Cola* e de *Coca-Cola Light*. No relatório, inclui:

- os cálculos que levaram à determinação da densidade de cada tipo de *Coca-Cola*,
- uma sugestão de correcção da falha do sistema de produção.

---

Actividade adaptada de: Herrick, R. S., Nestor, L. P., Benedetto, D. A. (1999). Using Data Pooling to Measure the Density of Sodas – An Introductory Discovery Experiment. *Journal of Chemical Education*, 76(10), 1411-1413.

## Actividade 2

---

Ideias:

- \* Nas corridas de cavalos, colocam-se massas extra nas selas dos cavalos mais rápidos para tornar a corrida mais justa. Este procedimento é designado por “*handicapping*”.
- \* Cavalos mais pesados aceleram mais devagar do que cavalos mais leves.
- \* Cavalos cujos músculos produzem mais força aceleram mais rapidamente.
- \* Isto pode-se resumir por:  $\text{Força} = \text{massa} \times \text{aceleração}$ .
- \* O cavalo “Eclipse” ganha sempre ao cavalo “Trovão”
- \* Eis alguns factos sobre os dois cavalos no dia do “*handicapping*”

massa do jockey = 50 kg



Eclipse

massa do Eclipse = 514 kg

força = 6900 N

massa do jockey = 50 kg



Trovão

massa do Trovão = 524 kg

força = 7000 N

figura 1

1- Tarefa:

1.1 - Descobrir que massa se deve colocar na sela do Eclipse. Ambos os cavalos devem sair da linha de partida com a mesma aceleração.

## 2- Relatório:

2.1 - Escrever um parecer para o Jockey Club recomendando a massa que o Eclipse deve transportar. Explica como o teu procedimento funciona, e porque razão é tão bom.



---

### Actividade 3

---

Ideias:

- \* Este problema trata de seleccionar alimentos adequados de modo a cumprir as necessidades energéticas de duas pessoas em Portugal.
- \* A tabela 1 mostra as necessidades energéticas em quilojoules (kJ) recomendadas para pessoas diferentes:

Tabela 1

		Homens	Mulheres
Idade (anos)	Nível de actividade	Necessidade energética (kJ)	Necessidade energética (kJ)
18 - 29	Leve	10660	8360
	Moderada	11080	8780
	Pesada	14420	9820
30 - 59	Leve	10450	8570
	Moderada	12120	8990
	Pesada	14210	9790
60 e mais	Leve	8780	7500
	Moderada	10240	7940
	Pesada	11910	8780

1- Tarefa:

1.1 – O Sr. Daniel é um professor de 45 anos. Qual é a sua necessidade diária de energia recomendada, em kJ ? Justifica.

## 2 – Relatório:

A Cristina tem 19 anos e pratica salto em altura. Uma noite, uns amigos convidaram a Cristina para jantar fora. Eis o menú do restaurante:

Menú		Estimativa da energia por produto (kJ)
Sopas	Sopa de tomate	355
	Crema de cogumelos	585
Pratos	Frango mexicano	960
	Frango com gengibre	795
	Kebab de porco e salva	920
Saladas	Salada de batata	750
	Salada de espinafres, pêsego e avelãs	335
	Salada de couscous	480
Sobremesas	Tarte de maçã e framboesa	1380
	Cheesecake	1005
	Bolo de cenoura	565
Batidos	Chocolate	1590
	Baunilha	1470

A Cristina regista diariamente o que come. Naquele dia antes do jantar, já tinha ingerido 7520 kJ. Ela não quer ultrapassar a sua ingestão de alimentos em mais de 500 kJ acima ou abaixo da sua necessidade energética recomendada.

2.1 – Decide, a partir do Menú, uma combinação de sopa, prato e sobremesa/batido que permitirá à Cristina manter-se no limite de  $\pm 500$  kJ da sua necessidade energética recomendada. Mostra como tomaste a decisão.

---

Actividade adaptada de: OCDE (2004). *Problem Solving for Tomorrow World First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003*. Paris: OECD Publications.

## **APÊNDICE B**

### **PRIMEIRA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO**

*O que achaste da actividade ?*

**Responde e ajudas-me no trabalho ...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. Obrigada desde já pela tua preciosa colaboração.

- 1- Mudarias alguma coisa na apresentação desta actividade? O quê?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 2- Escreve o que pensas que é pedido na (s) questão (ões) da Tarefa. Sê o mais claro e completo que consigas.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 3- Tiveste dificuldades em compreender algumas das questões da Tarefa? Qual ou quais? Porquê? Explica.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 4- Escreve comentários sobre as questões que te foram colocadas.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 5- Colabora comigo, fazendo as críticas e recomendações que julgues necessárias.

Mais uma vez, obrigada pela colaboração.

**Responde e ajudas-me no trabalho ...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. Obrigada desde já pela tua preciosa colaboração.

2- Escreve o que pensas que é pedido na(s) questão (ões) do Relatório. Sê o mais claro e completo que consigas.

3- Tiveste dificuldades em compreender algumas das questões do Relatório? Qual ou quais? Porquê? Explica.

4- Achas que as questões colocadas são problemas do tipo dos que resolves no 10º ano de escolaridade? Justifica a tua opinião.

5- Colabora comigo, fazendo as críticas e recomendações que julgues necessárias.

Mais uma vez, obrigada pela colaboração.

## **APÊNDICE C**

### **ACTIVIDADES 4 E 5**

---

### Actividade 4

---

#### 1- Tarefa:

1.1 – A senhora D. Adelaide sofre de perturbações digestivas e foi-lhe recomendado que tomasse “Cholagutt” em gotas. A senhora não pode ingerir mais do que 50 mg de cada um dos componentes do medicamento, diariamente. Perante a leitura do folheto, confrontou-se com a dúvida de qual seria o número de gotas que poderia ingerir por dia. Detecte a falha das instruções do folheto que impede a senhora D. Adelaide de saber o número de gotas que pode ingerir.

1.2 – Escreva uma carta à empresa farmacêutica que comercializa o medicamento propondo uma alternativa às instruções do folheto. Com base nos conceitos e nos procedimentos por si utilizados, demonstre como essa alternativa permitiria aos pacientes saber o número de gotas a ingerir.

Segue-se um anexo e um conjunto de material que, eventualmente, lhe pode ser útil.



## Anexo

## Folheto do Cholagutt:

**Cholagutt® A**

Extractos de Alcachofra, Alfazema,  
Cardo Mariano e Hortelã-Pimenta

Este folheto contém informação importante sobre o **Cholagutt® A**, por isso leia-o atentamente.

O **Cholagutt® A** é uma especialidade fitoterapêutica que se apresenta em frascos contendo 30 ml de solução para administração oral.

A composição do **Cholagutt® A** por ml de solução é a seguinte:

Extracto de Alcachofra: 25 mg

Extracto de Alfazema: 32 mg

Extracto de Cardo Mariano: 32 mg

Extracto de Hortelã-Pimenta: 21 mg

**Utilização do Cholagutt® A**

O **Cholagutt® A** é utilizado nos sintomas de má digestão, pois os seus componentes ajudam a regular o funcionamento do fígado e da vesícula biliar.

A alcachofra é conhecida pelas suas propriedades de protecção e regeneração das células do fígado; é também reconhecida a sua acção a nível da formação e eliminação da bilis. A alfazema possui propriedades antisépticas e facilita a digestão. O cardo mariano é utilizado há largos anos nos problemas hepáticos, uma vez que possui reconhecidas propriedades de protecção do fígado contra os agentes nocivos e promove o restabelecimento do funcionamento normal das células hepáticas afectadas. A hortelã-pimenta possui propriedades anti-espasmódicas e digestivas, pelo que é utilizada como adjuvante no alívio dos espasmos digestivos e biliares.

**Modo de tomar o Cholagutt® A**

Devem tomar-se 5 a 15 gotas de **Cholagutt® A** misturadas num pouco de água simples ou açucarada, 3 a 4 vezes por dia, meia hora antes das refeições.

**\* Material disponível:**

Frasco de “Cholagutt” contendo o medicamento, proveta de 10 mL.

Actividade adaptada de: National Science Foundation (2000). *SEPUP - Science Education for Public Understanding Program*.

## Actividade 5

---

### 1 - Tarefa:

1.1 – Fizeram-se testes de identificação de água potável (lote A) e de água do mar (lote B) através de determinações de densidade, tendo sido obtidos os resultados apresentados na tabela 1. Com recurso ao material fornecido, averigue se o conteúdo de cada um dos lotes estará ou não trocado.

Tabela 1

Densidade ( $\text{kg m}^{-3}$ )	
Água do mar	$> 1000$
Água potável	$< 1000$

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

1.2 – Redija um relatório onde, com base nos conceitos e nos procedimentos por si utilizados, explique como o procedimento que planeou permite averiguar a ocorrência de uma eventual troca dos conteúdos nos frascos disponibilizados.

Seguem-se algumas ideias que, eventualmente, lhe podem ser úteis.

### Ideias:

- O valor da densidade pode permitir diferenciar materiais.
- A densidade de líquidos pode ser determinada através de medições com densímetros.

### \* Material disponível:

Conjunto de densímetros ( $900 - 1000\text{ kg m}^{-3}$ ,  $1000 - 1100\text{ kg m}^{-3}$  e  $1000 - 1500\text{ kg m}^{-3}$ ), provetas (250 mL), funis, varetas de vidro, três frascos do lote A e dois do lote B.

---

Actividade adaptada de: Herrick, R. S., Nestor, L. P., Benedetto, D. A. (1999). Using Data Pooling to Measure the Density of Sodas – An Introductory Discovery Experiment. *Journal of Chemical Education*, 76(10), 1411-1413.

## **APÊNDICE D**

### **ACTIVIDADES 6 E 7**

## Actividade 6

---

### INTRODUÇÃO

A serra da Malcata, localizada na Beira Interior e fazendo fronteira a Este com Espanha, foi classificada como Reserva Natural de acordo com o decreto-lei nº 294/81 de 16 de Outubro.

A serra é considerada como um dos últimos refúgios naturais do território português, abrangendo um património interessante em fauna e flora.

De acordo com a Directiva Habitats da União Europeia, o lince-ibérico requer a designação de zonas especiais de conservação exigindo uma protecção rigorosa. A serra da Malcata é por este motivo considerada uma área de grande interesse científico e potencial habitat de eleição do lince-ibérico, uma espécie em perigo de extinção.

*Imagine que...*

Com a finalidade de estudar os habitats da reserva, pretende-se montar uma estação de investigação na Reserva Natural para residência de um grupo de cientistas.

A estação deve interferir o menos possível com o habitat das espécies. Os cientistas residentes devem esforçar-se para que os sinais de actividade humana perturbem o menos possível o ambiente natural.

A serra da Malcata é uma zona com muito sol entre Abril e Outubro. No entanto, os invernos são muito frios podendo, por vezes, nevar. Não existem combustíveis fósseis (carvão, gás ou petróleo) na área. Gasolina e gasóleo para transporte ou aquecimento têm que ser trazidos de longe. Queimar estes combustíveis polui o ambiente local.

*É-lhe pedido que ajude a resolver alguns dos problemas que surgiram no planeamento e montagem da estação, bem como na actividade dos cientistas durante a investigação.*

Os cientistas tiveram que se pronunciar sobre qual seria o material mais adequado para o telhado da estação. Foi necessário ter em atenção que durante o Inverno, chovia muito, chegando a cair granizo. Tiveram que considerar, ainda, que havia grandes variações de temperatura diárias e também durante o ano.

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir qual dos materiais é mais adequado para construir o telhado da estação.

Indique as razões para as experiências que propôs.

Nota: Para o efeito, tem algum material e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, seleccionar o material mais adequado para o telhado da estação.

Se fizer modificações, indique por escrito quais e justifique-as.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Registe os procedimentos e os resultados.

(E) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(F) Em que é que baseia a sua conclusão ou conclusões ?

---

Actividade adaptada de: Solano-Flores, G., Jovanovic, J., Champaign, U., Shavelson, R. J. & Bachman, M. (1999). On the Development and Evaluation of a Shell for Generating Science Performance Assessments. *International Journal of Science Education*, 21(3), 293-315. e de: Wood, C. (2006). The Development of Creative Problem Solving in Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 96-113.

### Actividade 7

---

De entre os materiais disponíveis, averigue aquele que seja, simultaneamente, não permeável à água, resistente ao choque e isolador térmico.

Nota: Para o efeito, tem algum equipamento e bibliografia ao seu dispôr.

(a) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir qual dos materiais é, simultaneamente, não permeável à água, resistente ao choque e isolador térmico.

A planificação deve incluir os procedimentos a serem efectuados.

(b) Reveja os procedimentos que planeou.

Verifique se lhe permitem decidir, efectivamente, qual é o material simultaneamente não permeável à água, resistente ao choque e isolador térmico.

Se fizer modificações, indique por escrito quais e justifique-as.

---

Actividade adaptada de: Solano-Flores, G., Jovanovic, J., Champaign, U., Shavelson, R. J. & Bachman, M. (1999). On the Development and Evaluation of a Shell for Generating Science Performance Assessments. *International Journal of Science Education*, 21(3), 293-315. e de: Wood, C. (2006). The Development of Creative Problem Solving in Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 96-113.

## **APÊNDICE E**

### **SEGUNDA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO**

*O que achaste da actividade ?*

**Questionário acerca das actividades com a natureza de problemas da vida real**

---

*Escola:* \_\_\_\_\_

*Actividade:* \_\_\_\_\_ *Data:* \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Responde e ajudas-me no trabalho ...

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. **Nunca deixes nenhum espaço em branco, isto é, responde a todas as perguntas.**

2- Escreve os aspectos desta actividade que gostarias de salientar a um colega teu.

3- Mudarias alguma coisa nesta actividade? O quê?



4- Escreve o que pensas que é pedido nas questões A e B. Sê o mais claro e completo que consigas.

A –

B -

5- Tiveste dificuldades em compreender algumas das questões da actividade ? Qual ou quais?

6- Se respondeste “sim” à pergunta anterior, explica quais foram as razões que te levaram a ter dificuldade em compreender algumas das questões da actividade.

7- Como classificarias a actividade que acabaste de realizar quanto à semelhança com trabalhos realizados por ti nas aulas de Física e Química:

*Nenhuma* ☐    *Pouca* ☐    *Alguma* ☐    *Muita* ☐

b) Justifica a tua resposta.

8- Colabora comigo, fazendo as críticas e recomendações que julgues necessárias. Dá sugestões concretas.

Mais uma vez, obrigada pela colaboração.

*Escola:* \_\_\_\_\_

*Actividade:* \_\_\_\_\_ *Data:* \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Responde e ajudas-me no trabalho ...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. **Nunca deixes nenhum espaço em branco, isto é, responde a todas as perguntas.**

Desde já, obrigada pela tua preciosa colaboração.

1- Como descreverias esta actividade a um colega teu ? O que lhe dirias ?

2- Escreve os aspectos desta actividade que gostarias de salientar a um colega teu.

3- Mudarias alguma coisa nesta actividade? O quê?

4- Escreve o que pensas que é pedido nas questões C, D, E e F. Sê o mais claro e completo que consigas.

C –

D –

E –

F –

5- Tiveste dificuldades em compreender algumas das questões da actividade ? Qual ou quais?

6- Se respondeste “sim” à pergunta anterior, explica quais foram as razões que te levaram a ter dificuldade em compreender algumas das questões da actividade.

7- Como classificarias a actividade que acabaste de realizar quanto à semelhança com trabalhos realizados por ti nas aulas de Física e Química:

*Nenhuma* ☐    *Pouca* ☐    *Alguma* ☐    *Muita* ☐

b) Justifica a tua resposta.

8- Colabora comigo, fazendo as críticas e recomendações que julgues necessárias. Dá sugestões concretas.

Mais uma vez, obrigada pela colaboração.

### Questionário acerca das actividades com a natureza de problemas

*Escola:*

*Actividade:*

*Data:*     /     /

Responde e ajudas-me no trabalho ...

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. Obrigada desde já pela tua preciosa colaboração.

- 1- Como descreverias esta actividade a um colega teu ? O que lhe dirias ?
- 2- Escreve os aspectos desta actividade que gostarias de salientar a um colega teu.
- 3- Mudarias alguma coisa nesta actividade? O quê?
- 4- Escreve o que pensas que é pedido nas questões (a) e (b). Sê o mais claro e completo que consigas.

5- Tiveste dificuldades em compreender algumas das questões da actividade ? Qual ou quais?

6- Se respondeste “sim” à pergunta anterior, explica quais foram as razões que te levaram a ter dificuldade em compreender algumas das questões da actividade.

7- a) Como classificarias a actividade que acabaste de realizar quanto à semelhança com trabalhos realizados por ti nas aulas de Física e Química :

*Nenhuma* ☐

*Pouca* ☐

*Alguma* ☐

*Muita* ☐

b) Justifica a tua resposta.

8- Colabora comigo, fazendo as críticas e recomendações que julgues necessárias. Dá sugestões concretas.

Mais uma vez, obrigada pela colaboração.

## **APÊNDICE F**

### **PRIMEIRA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO**

*Opinião sobre a actividade*

*(actividade 6)*



## Actividade 6

---

Os cientistas tiveram que se pronunciar sobre qual seria o material mais adequado para o telhado da estação. Foi necessário ter em atenção que durante o Inverno, chovia muito, chegando a cair granizo. Tiveram que considerar, ainda, que havia grandes variações de temperatura diárias e também durante o ano.

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir qual dos materiais é mais adequado para construir o telhado da estação.

Indique as razões para as experiências que propôs.

Nota: Para o efeito, tem algum material e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, seleccionar o material mais adequado para o telhado da estação.

Se fizer modificações, indique por escrito quais e justifique-as.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Registe os procedimentos e os resultados.

(E) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(F) Em que é que baseia a sua conclusão ou conclusões ?

---

*I- Para esta actividade indique a sua opinião relativamente a:*

*Adequada ao 10º ano*

*Sim* ☐

*Não* ☐

*Grau de dificuldade*

*Baixo* ☐

*Médio* ☐

*Alto* ☐

*Semelhança com trabalhos realizados na aula*      Nenhuma ☐ Pouca ☐ Bastante ☐ Muita ☐

2- Como descreveria esta actividade a um colega ? Que aspectos salientaria ?

---

---

---

---

3- O que a torna semelhante (ou não semelhante) às actividades realizadas em sala de aula ?

---

---

---

---

---

4- Que alterações faria na formulação da actividade de modo a torná-la mais semelhante aos trabalhos realizados na aula ?

---

---

---

---

5- Que conteúdos do 10º ano pensa serem abordados por esta actividade ?

*Materiais: que constituição e composição*

☐

*Materiais condutores e isoladores do calor. Condutividade térmica*

☐

*Capacidade térmica mássica*

☐

*Taxa de absorção da radiação*

☐

*Outros*

☐

---

---

---

## **APÊNDICE G**

### **ACTIVIDADES DA QUARTA VERSÃO, TEMA UNIFICADOR, BIBLIOGRAFIA E CADERNO DE REGISTOS**

**Actividade *Propriedades físicas de materiais***  
**(Pré-teste)**

---

De entre os materiais disponíveis, averigue se algum é, simultaneamente, resistente ao choque mecânico e ao choque térmico.

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir se algum dos materiais é resistente, simultaneamente, ao choque mecânico e ao choque térmico.

A.1) Explique por que razão (ou razões) a(s) experiência(s) que planeou cumpre(m) a finalidade a que se destina(m).

Nota: Para o efeito, tem algum equipamento e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, decidir se algum material é simultaneamente resistente ao choque mecânico e ao choque térmico.

B.1) Se fizer modificações, indique por escrito quais.

B.2) Justifique as modificações que propõe.

B.3) Se não propuser modificações, justifique por escrito a sua decisão.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Descreva os procedimentos que realizou.

(E) Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas.

(F) Organize os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade.

(G) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(H) Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos.

**Actividade *Absorção de radiação***  
**(*Pós-teste*)**

---

Dadas várias amostras de diferentes materiais:

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam comparar o poder de absorção de radiação dos materiais fornecidos.

A.1) Explique por que razão (ou razões) a(s) experiência(s) que planeou cumpre(m) a finalidade a que se destina(m).

Nota: Para o efeito, tem algum material e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, comparar o poder de absorção de radiação dos materiais.

B.1) Se fizer modificações, indique por escrito quais.

B.2) Justifique as modificações que propõe.

B.3) Se não propuser modificações, justifique por escrito a sua decisão.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Descreva os procedimentos que realizou.

(E) Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas.

(F) Organize os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade.

(G) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(H) Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos.

## **Tema unificador**

---

### INTRODUÇÃO

A serra da Malcata, localizada na Beira Interior e fazendo fronteira a Este com Espanha, foi classificada como Reserva Natural de acordo com o decreto-lei nº 294/81 de 16 de Outubro.

A serra é considerada como um dos últimos refúgios naturais do território português, abrangendo um património interessante em fauna e flora.

De acordo com a Directiva Habitats da União Europeia, o lince-ibérico requer a designação de zonas especiais de conservação exigindo uma protecção rigorosa. A serra da Malcata é, por este motivo, considerada uma área de grande interesse científico e potencial habitat de eleição do lince-ibérico, uma espécie em perigo de extinção.

*Imagine que...*

Com a finalidade de estudar os habitats da reserva, pretende-se montar uma estação de investigação na Reserva Natural para residência de um grupo de cientistas.

A estação deve interferir o menos possível com o habitat das espécies. Os cientistas residentes devem esforçar-se para que os sinais de actividade humana perturbem o menos possível o ambiente natural.

A serra da Malcata é uma zona com muito sol entre Abril e Outubro. No entanto, os invernos são muito frios podendo, por vezes, nevar. Não existe rede eléctrica na área.

Os combustíveis para iluminação ou aquecimento têm que ser trazidos de longe e queimar combustíveis polui.

*É-lhe pedido que ajude a resolver alguns dos problemas que surgiram no planeamento e montagem da estação, bem como na actividade dos cientistas durante a investigação.*

### ***Actividade Procura de água potável***

---

Os cientistas decidiram montar a estação perto de um local onde pudessem dispôr de água potável. A água pode ser proveniente de um poço ou de uma linha de água do Rio Côa. Os cientistas recolheram amostras de água do poço e do rio a fim de compararem as águas.

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que permitam distinguir, em termos de qualidade para consumo humano, as amostras de água que lhe são fornecidas.

A.1) No planeamento, explique a finalidade de cada uma das experiências que propõe.

Nota: Para o efeito, tem algum material e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, distinguir as amostras de água em termos de qualidade para consumo humano.

B.1) Se fizer modificações, indique por escrito quais.

B.2) Justifique as modificações que propõe.

B.3) Se não propuser modificações, justifique por escrito a sua decisão.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Descreva os procedimentos que realizou.

(E) Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas.

(F) Organize os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade.

(G) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(H) Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos.

**Actividade *Produção de energia eléctrica***

---

Os cientistas confrontaram-se com a necessidade de ter de haver electricidade na estação de investigação. Um painel fotovoltaico iria permitir a estação produzir energia eléctrica de forma independente. Foi necessário os cientistas decidirem em que condições a utilização do painel era mais rentável em termos da produção de energia eléctrica.

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir em que condições a utilização do painel era mais rentável em termos da produção de energia eléctrica.

A.1) No planeamento, explique a finalidade de cada uma das experiências que propõe.

Nota: Para o efeito, tem algum material e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, decidir em que condições a utilização do painel era mais rentável.

B.1) Se fizer modificações, indique por escrito quais.

B.2) Justifique as modificações que propõe.

B.3) Se não propuser modificações, justifique por escrito a sua decisão.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Descreva os procedimentos que realizou.

(E) Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas.

(F) Organize os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade.

(G) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(H) Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos.



### **Actividade *Bancada de trabalho***

---

Foi necessário construir uma bancada para poder realizar alguns testes físicos e químicos na estação. A equipa teve que decidir, de entre algumas rochas e minerais, qual seria o material mais adequado para servir de bancada onde iriam ser realizadas as experiências.

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir qual das rochas ou minerais é o mais adequado para servir de bancada.

A.1) No planeamento, explique a finalidade de cada uma das experiências que propõe.

Nota: Para o efeito, tem algum material e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, seleccionar o material mais adequado para servir de bancada de experiências da estação.

B.1) Se fizer modificações, indique por escrito quais.

B.2) Justifique as modificações que propõe.

B.3) Se não propuser modificações, justifique por escrito a sua decisão.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Descreva os procedimentos que realizou.

(E) Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas.

(F) Organize os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade.

(G) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(H) Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos.

---

**Actividade *Decidir Telhas***

---

Tendo em atenção que durante o Inverno chovia muito, chegando a cair granizo e que havia grandes variações de temperatura diárias e também durante o ano, os cientistas tiveram que pensar sobre qual seria o material mais adequado para o telhado da estação.

(A) Planeie, por escrito, uma ou mais experiências que lhe permitam decidir qual dos materiais é mais adequado para construir o telhado da estação.

A.1) No planeamento, explique a finalidade de cada uma das experiências que propõe.

Nota: Para o efeito, tem algum material e bibliografia ao seu dispôr.

(B) Antes de realizar a(s) experiência(s), verifique cuidadosamente se o seu planeamento lhe vai permitir, efectivamente, seleccionar o material que lhe parece mais adequado tendo em conta as condições existentes.

B.1) Se fizer modificações, indique por escrito quais.

B.2) Justifique as modificações que propõe.

B.3) Se não propuser modificações, justifique por escrito a sua decisão.

(C) Realize a(s) experiência(s) que planeou.

(D) Descreva os procedimentos que realizou.

(E) Registe os dados colhidos, nomeadamente as observações efectuadas.

(F) Organize os dados de uma maneira coerente e adequada à finalidade.

(G) A que conclusão ou conclusões é que chegou ?

(H) Explique de que forma a sua conclusão ou conclusões se relaciona(m) com a finalidade do estudo e com os dados colhidos.

## **CADERNO DE REGISTOS**

*ESCOLA:* \_\_\_\_\_

*NOME:* \_\_\_\_\_

*TURMA:* \_\_\_\_\_ *Nº* \_\_\_\_\_ *GRUPO* \_\_\_\_\_

*SEXO:* F ☐ M ☐

*IDADE ACTUAL :* \_\_\_\_\_ *ANOS*

*DATA:* \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Caderno de Registos

(A)  
A.1)

(B)  
B.1)  
B.2)  
B.3)

(D)

(E)

(F)

(G)

(H)

## **BIBLIOGRAFIA PARA CONSULTA**



### Actividade *Propriedades físicas de materiais* (Pré-teste)

#### Colisões elásticas

Em 1666, membros da "Royal Society of London" assistiram a uma demonstração durante uma das reuniões regulares da Sociedade.

Duas bolas de madeira dura, de iguais dimensões, foram suspensas das extremidades de dois fios, de modo a constituírem dois pêndulos. Quando uma das bolas foi abandonada de uma certa altura, desceu e veio bater na outra, a qual havia ficado pendurada em repouso.

Após o choque, a primeira bola ficou quase imóvel e a segunda bola subiu até quase à mesma altura donde havia sido abandonada a primeira. Quando a segunda bola regressou e bateu na primeira, foi agora a segunda bola que ficou praticamente em repouso, e a primeira bola subiu até quase à mesma altura de onde havia partido. E assim o movimento das bolas prosseguiu, para um lado e para o outro, em sucessivas oscilações.

Esta demonstração despertou grande interesse entre os membros da Sociedade, tendo provocado também, nos anos que se seguiram, discussões acaloradas e muitas vezes confusas. Porque é que as bolas, após cada colisão, atingiam praticamente a altura donde haviam partido? Porque é que o movimento era "transferido" de uma bola para a outra no momento do choque? Porque é que a primeira bola não ressaltava para trás ou continuava a mover-se lentamente para a frente?

Huygens explicou o comportamento dos pêndulos de madeira dura mostrando que, em tais colisões, *uma outra lei de conservação* se verifica, além da lei de conservação do momento linear. Não só se conserva o vector-soma das quantidades  $m\vec{v}$ , mas também a vulgar soma aritmética das quantidades  $m v^2$ !



Christiaan Huygens (1629-1695) foi um físico holandês. Projectou um telescópio aperfeiçoado com o qual descobriu um satélite de Saturno e observou nitidamente os anéis deste planeta. Ele foi o primeiro a obter a expressão da aceleração centrípeta ( $v^2/R$ ), elaborou uma teoria ondulatória da luz e inventou um relógio de pêndulo. As suas contribuições científicas foram muito importantes e a sua reputação teria sido sem dúvida maior se não tivesse sido ofuscado pelo seu contemporâneo Newton.

Sob a forma algébrica moderna, a relação que ele descobriu pode ser descrita como se segue:

$$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2$$

A quantidade escalar  $\frac{1}{2} mv^2$  veio a chamar-se *energia cinética*. Assim, a equação anterior é a expressão matemática da lei de conservação da energia cinética, a qual se verificou aplicar-se à colisão de dois objectos “perfeitamente duros”. Uma questão se põe imediatamente: A energia cinética é conservada em *qualquer* interacção que ocorra em *qualquer* sistema isolado?

Quando dois corpos colidem, a energia cinética pode ser ou não conservada, conforme o tipo de colisão. Como Huygens salientou, a energia cinética é conservada desde que os corpos que colidem não se esmigalhem ou quebrem ou deformem ou colem um ao outro ou aqueçam ou sofram qualquer outra transformação que os modifique internamente. Aos corpos que, ao chocar, ressaltam sem sofrer qualquer destas transformações, dá-se o nome de “perfeitamente elásticos”, e as colisões entre tais corpos são “colisões perfeitamente elásticas”. Nas colisões perfeitamente elásticas o momento linear e a energia cinética são *ambos* conservados.

Na maior parte das colisões que nós observamos, a energia cinética não é conservada – a soma das quantidades  $\frac{1}{2} mv^2$  após a colisão é *menor* que antes da colisão. Consoante a quantidade de energia cinética “perdida” na colisão, assim a colisão pode ser classificada como “parcialmente elástica” ou “perfeitamente elástica”. A perda de energia cinética é máxima nas colisões perfeitamente inelásticas, quando os corpos que colidem ficam juntos.

As colisões entre esferas de aço, esferas de vidro, esferas de madeira dura, bolas de bilhar ou algumas bolas de borracha (borracha de silicone) são quase perfeitamente elásticas desde que as colisões não sejam tão violentas que danifiquem os corpos; a energia cinética total após a colisão é tipicamente da ordem de 96% do seu valor antes da colisão. Conhecem-se exemplos de verdadeiras colisões perfeitamente elásticas apenas em colisões entre átomos ou partículas subatómicas.

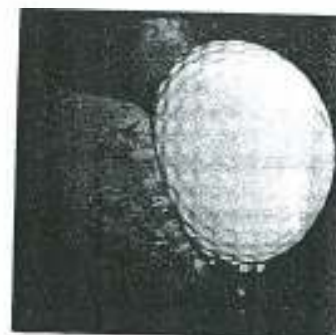
O conceito *geral* de energia é muito difícil de definir, mas a definição de algumas formas *particulares* de energia não oferece grande dificuldade, e é através do conceito de trabalho que melhor podem ser dadas estas definições.

A grande importância do conceito de trabalho deriva de que o trabalho representa uma quantidade de energia transformada, isto é que passa de uma forma para outra. Por exemplo, quando se lança uma bola e, portanto, se realiza trabalho sobre ela, há transformação de energia química, que o corpo produz a partir dos alimentos e do oxigénio, em energia de movimento da bola. Quando se levanta uma pedra (realizando trabalho sobre ela), há transformação de energia química em energia potencial gravitacional.

Pode-se considerar a energia potencial como uma energia *armazenada*. Se deixarmos cair um livro, a energia potencial gravitacional diminuirá durante a queda, e a energia cinética aumentará correspondentemente. Quando o livro atingir a altura inicial, toda a energia potencial gravitacional que foi armazenada durante a elevação se terá transformado em energia cinética.

Há outras formas de energia potencial, além da gravitacional. Por exemplo, se se esticar uma fita de borracha ou uma mola, aumenta-se a sua *energia potencial elástica*.

Nós sabemos que durante uma colisão real, os objectos deformam-se mutuamente, como se pode ver ao lado na fotografia da bola de golfe. As deformações são produzidas por forças elásticas, de modo que parte da energia cinética dos objectos que colidem se transforma em energia potencial elástica à medida que os objectos se deformam mutuamente. Depois a energia potencial elástica transforma-se novamente em energia cinética à medida que os objectos se separam. Se os objectos e o ambiente em redor forem exactamente os mesmos, como antes (a mesma forma, a mesma temperatura, etc.), então toda a energia potencial elástica terá sido convertida em energia cinética.



Durante o contacto com um taco de golfe, uma bola de golfe é deformada, como se mostra na fotografia a alta velocidade. À medida que a bola se afasta do taco, a bola retoma a sua forma esférica normal e a energia potencial elástica transforma-se em energia cinética.

Retirado de:

Holton, G.; Rutherford, F. J. e Fletcher, G. W. (1980). *Projecto Física* (Edição Portuguesa). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.



## ■ Condução

Se segurarmos a ponta de um metal e colocarmos a outra numa chama, rapidamente constatamos que a ponta que seguramos começa a aquecer.

A matéria é constituída por partículas (átomos, moléculas e iões) que se encontram em permanente movimento. A velocidade dos movimentos e vibrações é tanto maior quanto maior for a temperatura do sistema.

Quando dois corpos entram em contacto, as partículas do mais quente têm maior energia vibracional. Esta energia é transferida por colisões para os átomos que se encontram na superfície do material mais frio, que a vão por sua vez propagar para o seu interior. De igual modo, ao longo de um corpo, se uma parte ficar por alguma razão mais quente do que as suas vizinhanças, as partículas dessa região vão ficar momentaneamente com maior energia

cinética do que as das suas vizinhanças e vão transferir para as mesmas, através de colisões, uma parte dessa energia.

A transferência de energia feita deste modo chama-se condução.



1.28 Um metal quente em contacto com um metal frio transfere para este energia por condução.

72

Retirado de:

Costa, A.; Costa, A. M.; Moisés, A. e Caeiro, F. (2003). Ver + Física A 10º ano (1ªed.). Lisboa: Plátano Editora.

### **Actividade *Absorção de radiação* (Pós-teste)**

---

## **Absorção de energia radiante**

Absorção e reflexão são processos opostos. Portanto, um material que absorva bem energia radiante reflecte muito pouca energia radiante, incluindo a gama desta energia a que chamamos luz. Assim, um bom absorvente aparece-nos escuro. Um material que absorva totalmente não reflecte energia radiante e aparece-nos perfeitamente preto. A pupila do olho, por exemplo, permite que a energia radiante entre sem reflexão e aparece-nos completamente preta.

Repare em portas ou janelas abertas durante o dia em casas distantes, e também parecerão pretas. As aberturas parecem-nos pretas porque a energia radiante que entra é reflectida pelo interior das paredes muitas vezes e é parcialmente absorvida em cada reflexão até muito pouca ou nenhuma sobrar para voltar para trás.

Bons reflectores, por outro lado, são absorventes fracos. Objectos de cores claras reflectem mais luz e calor do que objectos de cores escuras. No verão, as roupas de cores claras mantêm as pessoas mais frescas.

## Emissão de energia radiante

Materiais que absorvem bem energia radiante também são bons emissores; materiais que absorvem pouco são maus emissores. Por exemplo, uma antena de rádio que é construída para ser um bom emissor de ondas de rádio também será, devido à sua construção, um bom receptor de ondas de rádio. Uma antena desenhada de modo a transmitir pouco também será um receptor pobre. É interessante que, se um material que absorve bem não fosse também um bom emissor, então objectos negros manter-se-iam mais quentes do que objectos de cores claras e nunca chegariam a equilíbrio térmico com eles. Mas objectos em contacto térmico chegam a equilíbrio térmico. Cada objecto emite tanta energia como aquela que absorve. Assim um objecto escuro que absorve muito também deve emitir muito. Por exemplo, em dias quentes, quando os pavimentos ou a carroçaria dos automóveis ficam mais quentes do que as suas vizinhanças, não é atingido equilíbrio térmico – até à noite, quando arrefecem mais depressa!

Para verificar isto, considere-se um par de jarros de metal do mesmo tamanho e da mesma forma, um com uma superfície branca ou espelhada e outro com uma superfície escura.



Encham-se os jarros com água quente, e coloquem-se termómetros na água. Verifica-se que o jarro escuro arrefece mais depressa. A superfície escura é um emissor melhor. Café ou chá ficarão quentes mais tempo num bule claro espelhado do que num escuro.

Pode fazer-se a mesma experiência ao contrário. Desta vez encha-se cada jarro com água gelada e coloquem-se os jarros sob uma boa fonte de energia radiante – à luz solar num dia de sol. Verifica-se que o jarro escuro aquece mais depressa. Um bom emissor de energia radiante também absorve bem energia.

O facto de a superfície influenciar a emissão ou a absorção depende da sua temperatura estar acima ou abaixo da temperatura das vizinhanças. Se a superfície estiver mais quente do que as vizinhanças, por exemplo, o material será um emissor e arrefecerá. Se a superfície estiver mais fria do que as vizinhanças, o material absorverá e ficará mais quente. Todas as superfícies, quentes ou frias, absorvem e emitem energia radiante. Se a superfície absorve mais do que emite, o material comporta-se como absorvente; se emite mais do que absorve, o material é um emissor.

Em dias de sol, a superfície da Terra comporta-se como absorvente. À noite comporta-se como emissor. Em noites sem nuvens, as “vizinhanças” da Terra são porções do espaço frígidas e o arrefecimento é mais rápido do que em noites enubladas, em que as vizinhanças são nuvens. As noites mais frias ocorrem quando o céu está limpo.

### **Actividade *Procura de água potável***

---

## **DETERMINAÇÃO DO pH DE UMA AMOSTRA DE ÁGUA**

### **1- OBJECTIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO**

A medição do pH é uma das mais frequentes em análise Química de águas. A medição directa do pH de uma água é um dado essencial para compreender, por exemplo, a acção de uma água sobre os metais, a natureza química de terrenos que a água atravessa e a química dos constituintes do meio aquático. O pH é um parâmetro utilizado para diversos fins tais como; estudar a qualidade da água (por exemplo, se é adequada para consumo humano) e efectuar operações de tratamento da água (por exemplo, a desinfecção e o amaciamento). Uma água de consumo humano deve apresentar o pH com valores entre 6,5 e 9,0 na escala de Sorensen.

### **2- RESUMO DO MÉTODO**

O valor do pH pode ser determinado por meio de papel indicador universal.

### **3- MATERIAL E REAGENTES ESPECÍFICOS**

- Papel indicador universal

### **4- PROCEDIMENTO**

- Retire um pedaço da fita do papel indicador universal (2 a 3 cm).
- Coloque sobre ela uma gota de amostra a analisar (por exemplo, com uma vareta de vidro molhada nessa amostra).
- Deixe o papel secar e compare a cor obtida com as cores do rótulo da embalagem.
- A cor mais próxima da obtida corresponderá ao valor de pH da amostra.

---

Texto retirado de: Fiuza, E. M. & Silva, M. M. (1999). *Projecto P-IV-1058 – Desenvolvimento de um kit de análise de água: Uma aplicação ao ensino da Química*. Lisboa: Ministério da Ciência e da Tecnologia.



## DETERMINAÇÃO DA COR DE UMA AMOSTRA DE ÁGUA

### 1- OBJECTIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente protocolo experimental destina-se a estabelecer uma técnica para determinar a cor de uma água.

A cor na água pode resultar da presença de produtos naturais provenientes de húmus, turfa, ervas, plancton e de resíduos industriais. Nas águas para consumo humano, o valor paramétrico é 20 mg/L na escala PtCo após centrifugação da amostra de água.

Uma unidade de cor corresponde, por convenção, a 1 mg/L de platina sob a forma de ião cloroplatinato em presença de 250 mg/L de ião cobalto (II).

### 2- RESUMO DO MÉTODO

O método que se descreve seguidamente é satisfatório para medir a cor da água potável, ou de águas cuja cor se deva a produtos naturais.

A cor é determinada por comparação visual da amostra com soluções aquosas de concentrações conhecidas, ou soluções padrão em ião cloroplatinato e em ião cobalto.

### 3- MATERIAL ESPECÍFICO

- Conjunto de tubos de ensaio contendo quatro soluções padrão de cor de unidades 5, 10, 20 e 40 mg/L PtCo.

### 4- PROCEDIMENTO

- Coloque um volume da amostra de água num tubo de ensaio até perfazer o traço de referência.
- Compare a cor da amostra com as dos tubos de soluções padrão, observando-os na vertical, de cima para baixo, contra uma superfície branca.
- Registe as observações.

---

Texto retirado de: Fiuza, E. M. & Silva, M. M. (1999). *Projecto P-IV-1058 – Desenvolvimento de um kit de análise de água: Uma aplicação ao ensino da Química*. Lisboa: Ministério da Ciência e da Tecnologia.

## DENSIDADE

Uma das propriedades dos sólidos, dos líquidos e dos gases é a medida de quão fortemente “empacotado” está o material: a densidade. A densidade é a medida da quantidade de matéria comprimida num dado volume; é a quantidade de massa por unidade de volume:

$$\text{densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

O que acontece à densidade de uma barra de chocolate quando se corta em dois? A resposta é, nada. Cada bocado pode ter metade da massa, mas também tem metade do volume. A densidade não é a massa nem é o volume. A densidade é o quociente, é a quantidade de massa por unidade de volume. Um fio de ferro tem a mesma densidade de uma frigideira de ferro. A frigideira pode ter 100 vezes o número de átomos de ferro do fio e ter 100 vezes mais massa, mas os átomos ocuparão 100 vezes mais volume. A massa por unidade de volume do fio de ferro e da frigideira é a mesma.

A densidade varia com a temperatura e com a pressão. A água a 4°C tem a densidade de 1,00 g/cm<sup>3</sup>. O “grama” foi definido originalmente como a massa de um centímetro cúbico de água à temperatura de 4°C. As densidades expressas em kg/m<sup>3</sup> são 1000 vezes maiores. Por exemplo, a densidade da água a 4°C é 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Densidade de líquidos (a 20 °C)

Material	$\rho$ 10 <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup>	Material	$\rho$ 10 <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup>
Vaselina .....	0,8	Anilina .....	1,02
Óleo para máquinas .....	0,9	Benzeno .....	0,879
Acetona .....	0,791	Bromo .....	3,12
Ácido acético .....	1,049	Clorofórmio .....	1,489
Ácido clorídrico (38%) .....	1,19	Gasolina .....	0,68 – 0,72
Ácido fórmico .....	1,22	Glicerina .....	1,26
Ácido nítrico .....	1,51	Heptano .....	0,684
Ácido sulfúrico .....	1,83	Hexano .....	0,660
Água .....	0,99823	Leite meio gordo .....	1,03
Água do mar .....	1,01 – 1,03	Mercúrio .....	13,55
Água pesada (D <sub>2</sub> O) .....	1,1086	Nitrobenzeno .....	1,2
Álcool etílico .....	0,79	Nitroglicerina .....	1,6
Álcool metílico .....	0,792	Petróleo .....	0,76 – 0,85
		Tolueno .....	0,866

Retirado de:

Carvalhosa, M. C.; Guimarães, M. F. e Pinto, B. M. (1994). Técnicas Laboratoriais de Física – Bloco II. Porto: Porto Editora.

### Introdução teórica

Os DENSÍMETROS permitem determinar densidades relativas de líquidos ou soluções. São constituídos por um reservatório de vidro com um lastro de mercúrio ou chumbo, ligado a uma haste, também de vidro, graduada de acordo com o fim a que se destinam. Os que são utilizados para líquidos menos densos que a água têm um lastro tal que, quando mergulhados em água, o ponto de afloramento está próximo da base da haste. Nos que são utilizados para líquidos mais densos que a água, o ponto de afloramento, quando flutuam na água, situa-se na parte superior da haste.

### Determinação da densidade de líquidos ou soluções usando densímetros (hidrómetros)

#### Dispositivo experimental



Fig. 33

#### Material

Vários tipos de densímetros

Líquidos e/ou soluções (mais e menos densos que a água)

#### Modo de proceder

Escolher o densímetro conveniente.

Fazer o estudo do densímetro escolhido:

- limites da escala de graduação;
- valor de cada divisão;
- incerteza que afecta as leituras.

Mergulhar o densímetro no líquido ou solução e fazer a leitura da altura da haste que se encontra mergulhada.

Expressar o valor da densidade do líquido ou da solução, indicando a precisão com que foi obtido.

Retirado de:

Carvalhosa, M. C.; Guimarães, M. F. e Pinto, B. M. (1994). Técnicas Laboratoriais de Física – Bloco II. Porto: Porto Editora.

## pH

A escala de Sorensen é vulgarmente designada por “escala de pH” (note-se que o **p** é sempre minúsculo e o **H** maiúsculo). Esta escala varia numa gama infinita de valores numéricos, mas os mais habituais situam-se entre 0 e 14. O pH de uma solução é uma grandeza que traduz a medida da acidez ou alcalinidade dessa solução (e pode ser um número inteiro ou decimal).

À temperatura de 25°C, soluções ácidas têm pH inferior a 7 e soluções alcalinas têm pH superior a 7. De duas soluções é mais ácida aquela que tiver menor pH, e é mais alcalina aquela que tiver pH mais elevado.

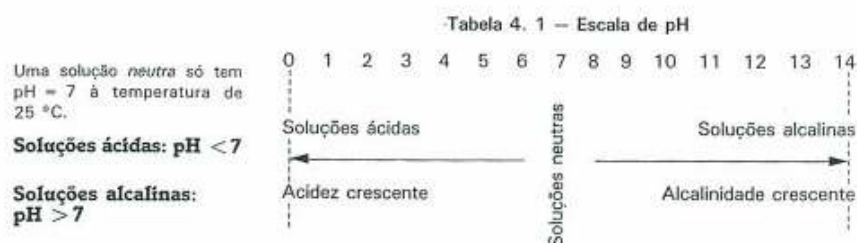


Tabela 4. 2 – Valores de pH de algumas soluções muito usadas

Soluções usadas no laboratório	pH	Soluções usadas no dia-a-dia
ácidos clorídrico, nítrico e sulfúrico diluídos	0	soluções de baterias de automóvel
	1	suco gástrico
	2	sumo de limão
ácido acético	3	cerveja; soro de leite; vinagre
solução de CO <sub>2</sub>	4	sumo de tomate e de maçã
	5	café
	6	leite fresco
água pura		urina
		água da chuva
	7	água salgada; água açucarada
solução de bicarbonato de sódio		saliva; sangue
	8	água com sabão; água com fermento para bolos
	9	«leite de magnésia»
amónia	10	sais de fruto
água de cal	11	
	12	soda das barréis
	13	detergente para limpar fogões
solução de hidróxido de sódio	14	

Retirado de:

Cruz, M. N.; Martins, I. P. e Martins, A. (1991). À Descoberta da Química – 8º ano de escolaridade (4ª ed.). Porto: Porto Editora.



## ANEXO 1: Normas da Qualidade da Água para Consumo Humano/ Valores Paramétricos

(Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro)

Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico (VP)
<b>Controlo Rotina 1</b>		
Bactérias coliformes	Bactérias que se encontram largamente distribuídas no ambiente e dão uma medida muito sensível da qualidade microbiológica.	0 ufc/100 mL
E. coli	Bactérias indicadoras de contaminação fecal.	0 ufc/100 mL
Desinfectante residual livre-cloro	O cloro é adicionado à água para assegurar que esta fica isenta de bactérias patogénicas. Tem-se como objectivo evitar que existam altas concentrações de cloro residual livre no abastecimento, de forma a minimizar cloro e sabor associados.	
<b>Controlo Rotina 2</b>		
Alumínio	Ocorre naturalmente em muitas origens de água. Os sais de alumínio podem ser usados no processo de tratamento da água, sendo posteriormente removidos ao longo do processo.	200 µg/L Al
Amónio	Presente naturalmente em algumas origens de água.	0,50 mg/L NH <sub>4</sub>
Nº de colónias a 22°C	As colónias detectadas a 22°C correspondem, geralmente, às bactérias presentes naturalmente na água sendo pouco significativo na saúde pública, podem no entanto ser de grande importância no controlo da qualidade de bebidas e alimentos.	Sem alteração anómala
Nº de colónias a 37°C	As colónias detectadas a 37°C quando comparadas com as colónias a 22°C podem ser um bom indicador da qualidade. Podem dar uma indicação precoce duma deterioração da qualidade da água, por alterações na sua qualidade, antes mesmo que as bactérias coliformes ou outras bactérias indicadoras sejam detectadas.	Sem alteração anómala
Condutividade	É uma medida da capacidade da água em conduzir corrente eléctrica e é uma medida do conteúdo dos sais minerais dissolvidos.	2500 µS/cm a 20°C
Clostridium perfringens	Bactérias indicadoras de contaminação fecal.	0 ufc/100 mL
Cor	A água deve ser transparente e clara mas a matéria orgânica pode ocasionalmente conferir um leve tom amarelado às águas com origem superficial. O valor paramétrico é dado apenas por razões estéticas.	20 mg/L PtCo
pH	Uma medida da acidez ou alcalinidade da água. pH 7,0 é neutro. As águas, preferencialmente, devem ser ligeiramente alcalinas, isto é pH entre 7,5 a 8,0, para proteger as canalizações dos fenómenos da corrosão.	≥ 6,5 ≤ 9,0
Ferro	Ocorre naturalmente em algumas origens subterrâneas. A presença de ferro também pode ser atribuída a fenómenos de corrosão do sistema de distribuição. O valor paramétrico foi estabelecido por razões estéticas (sabor e cor).	200 µg/L Fe
Manganês	Ocorre naturalmente em muitas origens de água. O valor paramétrico foi estabelecido por razões estéticas uma vez que o conteúdo de manganês confere uma tonalidade negra à água.	50 µg/L Mn
Nitrato	O uso como fertilizante agrícola é a principal fonte de nitratos nas águas de abastecimento. A extensão da contaminação pode ser minimizada através de boas práticas agrícolas e com um controlo apropriado das zonas de captação.	50 mg/L NO <sub>3</sub>
Nítrito	Ocorrem no meio ambiente com níveis mais baixos que os nitratos.	0,5 mg/L NO <sub>2</sub>
Oxidabilidade	Parâmetro usado para avaliar o nível de matéria orgânica na água. Usado no apoio ao controlo operacional do sistema de abastecimento.	5,0 mg/L O <sub>2</sub>



Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico (VP)
Cheiro e sabor	Grupo de técnicos treinados provam e cheiram a água, utilizando diluições sucessivas, até eliminarem todo o cheiro e sabor da água. O valor paramétrico é dado apenas por razões estéticas.	3 factor de diluição
Turvação	A turvação é devida a finas partículas, suspensas na água, que causam opacidade. Algumas vezes as bolhas de ar temporárias dão à água uma aparência leitosa mas esperando uns minutos, a água torna-se clara, do fundo até à superfície.	4 UNT
Controlo Inspeção		
Antimónio, Arsénio, Boro, Cádmio, Crómio, Mercúrio, Selénio, Chumbo	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas após contacto com o solo com constituição geológica específica. Os valores paramétricos estabelecidos têm em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande factor de segurança associado.	5,0 µg/L Cd 50 µg/L CN 50 µg/L Cr 1,0 µg/L Hg 5,0 µg/L Sb 10 µg/L Se 1,0 mg/L B
Benzeno	Pode ocorrer no meio ambiente aquático devido a descargas industriais ou devido à poluição atmosférica.	1,0 µg/L
Benzo(a)pireno	Proveniente de revestimentos à base de alcatrão ou betume, aplicados em condutas antigas de ferro.	0,010 µg/L
Bromato	Podem ser encontrados caso se use ozono no processo de tratamento.	10 µg/L BrO <sub>3</sub>
Chumbo	Não está presente nas origens de água, mas pode ser dissolvido após o contacto da água com a tubagem em chumbo existente em de ramais da rede de distribuição ou nas redes prediais e domésticas.	25 µg/L Pb e 10 µg/L Pb (após 25/Dez/2013)
Cloretos	O valor paramétrico definido não está relacionado com questões de saúde pública, mas sim para evitar sabor e fenómenos de corrosão.	250 mg/L Cl
Cobre	Não é encontrado nas origens das águas, mas pode ter proveniência dos materiais das tubagens. Um excesso pode dar origem a um sabor metálico.	2,0 mg/L Cu
1,2-dicloroetano	Usado em sínteses químicas industriais. Encontrado como poluente nas origens de água.	3,0 µg/L
Enterococos	Bactérias indicadoras de contaminação fecal.	0 ufc/100 mL
Fluoretos	Ocorre naturalmente em muitas origens de água, em concentrações variáveis.	1,5 mg/L F
Níquel	Ocorre naturalmente na água após contacto com formações geológicas que integrem este metal.	20 µg/L Ni
Hidrocarbonetos aromáticos Polinucleares (HAP)	Estes compostos encontram-se em revestimentos à base de alcatrão ou betume usados em condutas de ferro, até meados dos anos setenta. São a soma da concentração dos compostos: Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, Benzo(ghi)perileno e Indeno(1,2,3-cd)pireno.	0,10 µg/L
Pesticidas e produtos relacionados a) Pesticidas individuais	Os pesticidas individuais são classificados de acordo com a Directiva da água de consumo em: insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematodocidas, acaricidas, algicidas, rodenticidas e produtos relacionados de natureza orgânica. O valor paramétrico para pesticidas individuais é de 0,10 µg/L, o qual é com efeito um valor padrão de zero, bastante abaixo dos níveis de segurança para os pesticidas normalmente usados. As principais fontes de contaminação dos sistemas de abastecimento por pesticidas incluem o uso destes em áreas agrícolas, em linhas férreas, em estradas e em jardins. A concordância com o valor paramétrico é atingida por filtração ou mistura com carvão activado granular (GAC).	0,10 µg/L, com excepção dos pesticidas aldrina, dieldrina, heptacloro e heptacloro epóxido, cujo valor paramétrico é 0,03 µg/L
b) Pesticidas totais	O valor paramétrico para o total de pesticidas refere-se à soma das concentrações das substâncias individuais detectadas.	

Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico (VP)
Tetracloreto + tricloreto	A presença destes solventes orgânicos é uma indicação de poluição industrial. O valor paramétrico é avaliado com base na média das concentrações anuais.	10 µg/L
Trihalometanos (THMs)	Os trihalometanos são formados por reacção do cloro com compostos orgânicos que existem naturalmente na água. São a soma da concentração dos compostos: cloroformo, bromoformo, dibromoclorometano e bromodibromometano.	150 µg/L e 100 µg/L <small>(até 25 Dec 2008)</small>
Sódio	Ocorre naturalmente na água após esta ter passado por certos depósitos minerais e extractos de rochas. Os sais de sódio são usados de forma genérica nos processos industriais e nas nossas casas. Os descalcificadores domésticos regenerados com sal dão origem a água contendo uma elevada concentração de sódio. As águas provenientes destes tipos de descalcificadores não devem ser usadas para beber, cozinhar e na preparação de alimentos para bebés.	200 mg/L Na
Carbono orgânico total	Parâmetro usado para avaliar o nível de matéria orgânica na água. Usado no apoio ao controlo operacional do sistema de abastecimento.	Sem alteração anormal
Sulfatos	Dissolvem-se na água após contacto com estruturas geológicas do solo.	250 mg/L SO <sub>4</sub>

Empresa Pública das Águas Livres de Lisboa. (2007). Qualidade da Água para Consumo Humano – Relatório Anual 2007 (25-27). Retirado em Março 18, 2009, de <http://www.epal.pt/epal/Parametros2.aspx?src=RelQualAgua&area=281&sub=409&niv=41&menu=5592>



---

### Actividade *Produção de energia eléctrica*

---

## A fonte de electrões num circuito eléctrico

Numa drogaria é possível comprar uma mangueira sem água. Mas não se pode comprar um fio eléctrico, um “tubo de electrões”, que esteja vazio de electrões. A fonte de electrões num circuito é o próprio material condutor. Algumas pessoas pensam que as tomadas eléctricas nas paredes das casas são fontes de electrões. Pensam que os electrões fluem a partir das centrais eléctricas através dos cabos e vão até às tomadas das paredes das suas casas. Isto não é verdade. As tomadas nas casas são AC. Os electrões não viajam distâncias apreciáveis através do fio condutor num circuito AC. Em vez disso, vibram para a frente e para trás em torno de posições relativamente fixas.

Quando se liga uma lâmpada a uma tomada AC, flui *energia* da tomada para a lâmpada, não electrões. A energia é transportada pelo campo eléctrico e causa um movimento vibratório dos electrões que já existem no filamento da lâmpada. Se uma diferença de potencial de 220 volts AC for aplicada a uma lâmpada, então uma média de 220 joules de energia é dissipada por cada unidade de carga eléctrica que é posta a vibrar. A maioria desta energia eléctrica manifesta-se como calor, enquanto alguma aparece sob a forma de luz. As centrais eléctricas não vendem electrões. Vendem *energia*. Nós fornecemos os electrões.

## Potência eléctrica

A menos que se trate de um material supercondutor, uma carga eléctrica movendo-se num circuito despende energia. Este dispêndio pode resultar no aquecimento do circuito ou no movimento de um motor. A taxa à qual a energia eléctrica é convertida noutra forma tal como energia mecânica, calor ou luz é chamada **potência eléctrica**. A potência eléctrica é igual ao produto da intensidade da corrente pela diferença de potencial.

$$\text{Potência eléctrica} = \text{intensidade da corrente} \times \text{diferença de potencial} *$$

Se a diferença de potencial for expressa em volts e a intensidade da corrente em amperes, a potência vem expressa em watts. Assim sob a forma de unidades,

$$1 \text{ watt} = (1 \text{ ampere}) \times (1 \text{ volt})$$

---

\* Esta expressão resulta das definições de intensidade da corrente e de diferença de potencial:

$$\text{intensidade da corrente} = \frac{\text{carga eléctrica}}{\text{tempo}}$$

$$\text{diferença de potencial} = \frac{\text{energia}}{\text{carga eléctrica}}$$

donde,

$$\begin{aligned} \text{intensidade da corrente} \times \text{diferença de potencial} &= \frac{\cancel{\text{carga eléctrica}}}{\text{tempo}} \times \frac{\text{energia}}{\cancel{\text{carga eléctrica}}} = \\ &= \frac{\text{energia}}{\text{Tempo}} = \text{potência} \end{aligned}$$

## Corrente eléctrica

A **corrente eléctrica** é simplesmente o fluxo de carga eléctrica. Em condutores sólidos os electrões transportam a carga eléctrica através do circuito porque têm liberdade de se mover através da rede de átomos. Estes electrões são chamados *electrões de condução*. Os protões, por outro lado, estão ligados dentro dos núcleos dos átomos, os quais estão mais ou menos presos em posições fixas.

A corrente eléctrica é medida em **amperes**, sendo a unidade SI simbolizada por A. Um ampere é o fluxo da unidade padrão de carga, 1 coulomb, por segundo. Por exemplo, num fio eléctrico por onde passe uma corrente de 5 amperes, passam 5 coulombs de carga em cada secção do fio por segundo.

Note-se que um fio eléctrico não tem uma carga eléctrica resultante. Enquanto a corrente flui, electrões (carga negativa) deslocam-se através da rede atómica que é composta por núcleos positivamente carregados. Em condições normais, o número de electrões no fio é igual ao número de protões (carga positiva) do núcleo atómico. Quando os electrões fluem no fio, o número que entra numa extremidade é o mesmo que o número que deixa a outra. A carga resultante do fio é zero em cada momento.

## Fontes de voltagem

A corrente eléctrica não flui a menos que haja uma diferença de potencial. Para se manter uma corrente eléctrica, é necessário existir uma fonte que forneça uma diferença de potencial sustentável. Algo que fornece uma diferença de potencial é conhecido como **fonte de voltagem**. Se carregarmos uma esfera de metal positivamente, e outra negativamente, pode-se desenvolver uma diferença de potencial grande entre elas. Esta fonte de voltagem não é uma bomba eléctrica eficaz porque quando as esferas são ligadas por um condutor, os potenciais equalizam devido a um breve e repentino movimento de cargas eléctricas. Não é prático. Contudo, pilhas secas, baterias e outros tipos de geradores, tal como os painéis fotovoltaicos, são capazes de manter um fluxo estável.

Pilhas secas, baterias e diversos tipos de geradores fornecem energia que permite o movimento de carga eléctrica. Geradores - tais como o painel fotovoltaico - convertem energia solar em energia eléctrica. A energia potencial eléctrica produzida por qualquer dos meios está disponível nos terminais do gerador. A energia potencial por unidade de carga eléctrica disponível para os electrões se moverem entre os terminais do gerador é a diferença de potencial (às vezes chamada *força electromotriz*). A diferença de potencial fornece a “pressão eléctrica” para mover os electrões entre os terminais num circuito eléctrico.

A rede pública de electricidade usa grandes geradores eléctricos para fornecer 220 volts nas tomadas das casas. A diferença de potencial alterna entre os dois terminais nas tomadas é em média 220 volts. Quando as pontas de uma ficha são inseridas na tomada, é fornecida uma “pressão” eléctrica média de 220 volts ao circuito ligado à ficha.

Muitas vezes confunde-se entre carga eléctrica que flui *através* de um circuito e diferença de potencial que é fornecida *ao longo de* um circuito. Para distinguir estas ideias, considere-se um tubo longo cheio de água. A água fluirá *através* do tubo de houver uma diferença de pressão *ao longo* do tubo ou entre as suas extremidades. A água flui da extremidade com maior pressão para a extremidade com menor pressão. Só a água flui, não a pressão. Do mesmo modo, diz-se que as cargas eléctricas fluem *através* do circuito devido a uma diferença de potencial aplicada *ao longo* do circuito. Não se diz que a diferença de potencial flui através do circuito. A diferença de potencial não flui para lado nenhum, são as cargas eléctricas que se movem. A diferença de potencial causa a corrente eléctrica.

### 3. 2. Algumas grandezas físicas relacionadas com a corrente eléctrica

#### 3. 2. 1. A diferença de potencial ou tensão. Os voltímetros

A diferença de potencial entre dois condutores depende, como já vimos, da diferente acumulação de cargas eléctricas nesses condutores, fazendo com que um fluxo de electrões passe do condutor que tem excesso de electrões — o pólo negativo — para o outro — o pólo positivo.

Esta diferença de potencial pode obter-se com os geradores electroquímicos, as pilhas e os acumuladores, que são, até ao momento, os geradores de corrente eléctrica que estudámos.

Entre os terminais de diferentes geradores podemos obter diferentes valores para a **diferença de potencial** (abreviadamente d.d.p.). Quando assim acontece os geradores fornecem ao circuito onde estão intercalados diferente quantidade de energia.

A **diferença de potencial** é uma grandeza física, de símbolo  $V$ , cuja unidade internacional é o **volt** (V).

A d.d.p. é uma  
grandeza de símbolo  $V$

90

Retirado de:

Cruz, M. N.; Martins, I. P. e Martins, A. (1991). *A Descoberta da Física — 8º ano de escolaridade* (4ª ed.). Porto: Porto Editora.

### Um voltímetro mede a d.d.p. em volt (V)

Em linguagem corrente a d.d.p. é também chamada voltagem.

Os aparelhos utilizados para medir a diferença de potencial chamam-se voltímetros, fig. 3. 12.



Fig. 3. 12.  
Dois modelos de voltímetros utilizados nas escolas.

Para valores de d.d.p. muito elevados usam-se múltiplos do volt: o quilovolt (kV) e o megavolt (MV).

### Múltiplos do volt

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V} \quad \text{e} \quad 1 \text{ MV} = 1\,000\,000 \text{ V}$$



*Como utilizar o voltímetro?*

Consideremos um circuito constituído por um gerador (pilha), uma lâmpada e um interruptor.

Se quisermos conhecer a d.d.p. existente entre os terminais do gerador deveremos ligar o voltímetro a esses terminais como se ilustra na fig. 3. 13.

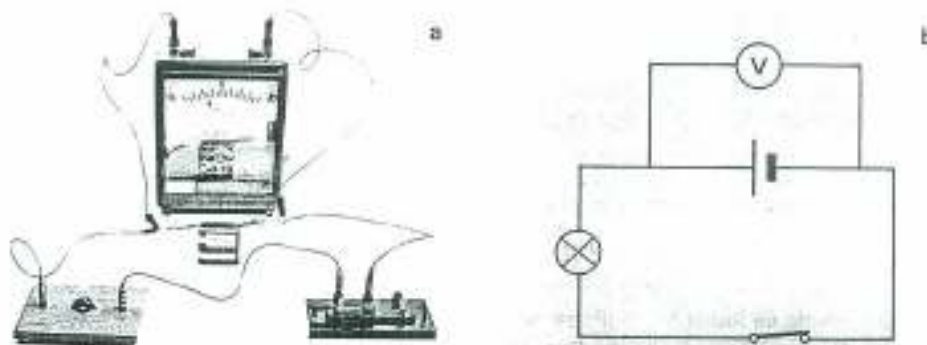


Fig. 3. 13. a: O voltímetro indica o valor da d.d.p. entre os terminais do gerador; b: Esquema do circuito.

### O voltímetro intercala-se em paralelo num circuito

A ligação deverá ser feita de tal modo que o terminal + do voltímetro (nele assinalado) fique ligado ao pólo positivo do gerador e o terminal - fique ligado ao pólo negativo.

Este tipo de ligação é uma ligação em *paralelo* ou em *derivação*.

## Os amperímetros

A corrente eléctrica é um movimento orientado de partículas com carga eléctrica.

A corrente eléctrica que atravessa um circuito é tanto mais intensa quanto maior for a quantidade de carga eléctrica que passa numa secção desse circuito, num determinado intervalo de tempo. A grandeza física usada para exprimir esta relação é a intensidade de corrente eléctrica, de símbolo  $I$ .

A unidade SI de intensidade da corrente é o **ampere**

Um amperímetro mede a intensidade da corrente eléctrica

A unidade internacional para a grandeza intensidade da corrente é o **ampere**, de símbolo **A**.

Os aparelhos que servem para medir esta grandeza são os **amperímetros**, fig. 3, 19.



Fig. 3, 19.  
Dois modelos de amperímetros usados nas escolas.

Quer o nome da unidade, quer o do aparelho de medida, estão associados ao nome do físico francês André M. Ampère (1775-1836), que se notabilizou no estudo do electromagnetismo e em medições de grandezas eléctricas.

Para exprimir intensidades de corrente muito pequenas, usam-se dois submúltiplos do ampere, o miliampere (mA) e o microampere ( $\mu\text{A}$ ).

Submúltiplos do ampere

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} & \text{ou} \quad 1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA} \\ 1 \mu\text{A} = 0,000\,001 \text{ A} & \text{ou} \quad 1 \text{ A} = 1\,000\,000 \mu\text{A} \end{array}$$

Para medir essas pequenas intensidades de corrente, usam-se, respectivamente, miliamperímetros e microamperímetros.



O amperímetro liga-se em série

Como utilizar um amperímetro?

Repara que um amperímetro tem dois terminais, geralmente identificados por + e -; ele deve ser intercalado no circuito de modo que o terminal + se ligue directamente, ou através de outros condutores, ao pólo positivo do gerador; o terminal - se ligue ao pólo negativo do gerador, fig. 3, 20. Deste modo, toda a corrente eléctrica, cuja intensidade pretendemos medir, passa através do aparelho medidor. Uma ligação deste tipo é uma *ligação em série*.

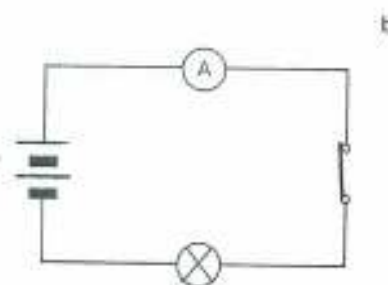
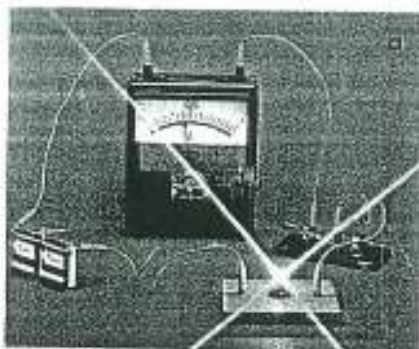
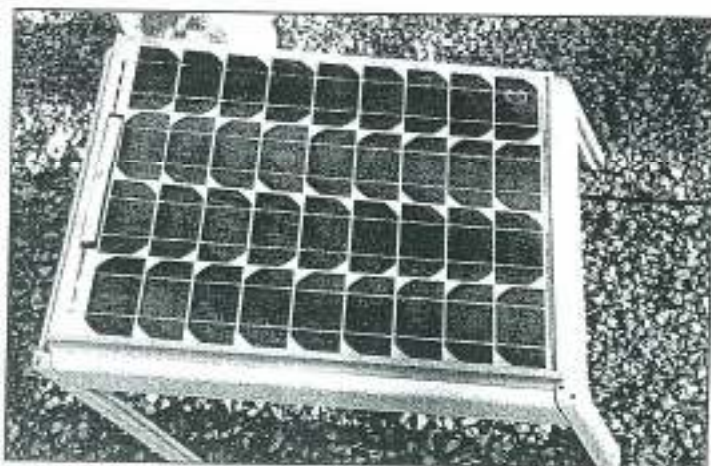


Fig. 3, 20. a: Ligação de um amperímetro; b: Esquema do circuito.



### Fundamento teórico

O painel fotovoltaico é um dispositivo constituído por células solares utilizado para converter energia solar em electricidade. A conversão directa da energia solar em corrente eléctrica é realizada nas células solares através do efeito fotoeléctrico, que consiste essencialmente na produção de corrente eléctrica através de radiação incidente sobre um material. A radiação incidente (como se sabe das aulas de Química) tem de possuir uma energia superior à energia de ionização do material, o que gera fotoelectrões que são utilizados para gerar corrente eléctrica.



AL 1.2.1 Fotografia de um painel fotovoltaico

O processo de conversão não é proporcional à temperatura ambiente; pelo contrário, o rendimento da célula solar diminui com o aumento da temperatura.

As células solares não só são apropriadas para regiões ensolaradas, mas também parecem promissoras para áreas em que outros tipos de sistemas de energia solar parecem não ter perspectivas devido à baixa insolação. As células solares continuam a operar, praticamente com o mesmo rendimento, tanto sob céu nublado como com luz directa do sol.

Geralmente os painéis solares são montados em uma posição fixa com uma orientação predefinida de tal forma que a absorção de radiação solar seja a melhor possível.

Retirado de:

Costa, A.; Costa, A. M.; Moisés, A. e Caeiro, F. (2003). Ver + Física A 10º ano (1ªed.). Lisboa: Plátano Editora.



---

**Actividade *Bancada de trabalho***

---

**Métodos de Estudo das Rochas**

Na linguagem corrente, o termo “rocha” implica coesão e dureza da formação. Em Geologia, porém, não se estudam só as rochas compactas, duras, como os granitos, mas também as formações brandas, pouco consistentes, e até conjuntos de detritos não consolidados, como as areias.

Para o estudo das rochas dispõe-se hoje em dia de métodos muito exactos, tais como o *exame microscópico de lâminas delgadas* de rocha e *análises químicas*. Por conjugação destes processos, podem normalmente identificar-se, com considerável segurança, os minerais constituintes e investigar as suas relações e a ordem por que se formaram.

Mas as rochas também se podem estudar à vista desarmada ou com o auxílio duma lupa, e recurso a alguns ensaios expeditos, físicos e químicos. Para tal fim, em trabalho de campo, além da *estrutura* das formações rochosas e doutros aspectos também só observáveis no terreno, determinam-se os *caracteres gerais da rocha* nomeadamente a *cor*, *textura*, *compactidade*, *dureza*, *fractura*, *comportamento sob acção de ácidos* e o *cheiro quando bafejada*, entre outros. Para tais observações, o material necessário resume-se a; martelo de geólogo, canivete (de preferência com uma das lâminas magnetizada), lupa de algibeira e frasco com ácido clorídrico. Em trabalho de gabinete, usa-se a *escala de dureza de Mohs*, com dez termos.

Pelo estudo dos caracteres gerais das rochas e/ou dos minerais que nelas se distingam, pelos métodos considerados, é na maior parte dos casos possível classificar as rochas mais comuns, ou, pelo menos, levar a classificação bastante longe. Para conhecimento mais exacto e minucioso das rochas, ou para desfazer dúvidas que o exame macroscópico não permita resolver, tem que recorrer-se aos métodos mais exactos.



### ATENÇÃO:

O ácido clorídrico usado neste trabalho é diluído. É uma substância irritante que, por contacto imediato, prolongado ou repetido com a pele ou mucosas das vias respiratórias pode provocar uma reacção inflamatória. Também é irritante para os olhos.

Assim, deve-se evitar inalar e derramar. Em caso de contacto com os olhos, lavar imediata e abundantemente com água e consultar um especialista.

Retirado de:

Panreac Química, S. A. (1998). Seguridad en Laboratorios Químicos. Barcelona: Centre Telemàtic Editorial.

# Dureza

A dureza refere-se à resistência do mineral ao risco (riscar e ser riscado por outros minerais ou objectos), sendo uma das características mais usadas para distinguir alguns dos minerais. A estrutura do cristal é a principal responsável pela resistência do mineral ao risco.

## ACT 2

Friedrich Mohs foi um cientista alemão que viveu entre 1773 e 1839. Estudou mineralogia e em 1801 deslocou-se para a Áustria para classificar os minerais pertencentes a uma colecção particular de um banqueiro. Usou diversas propriedades físicas, nomeadamente a dureza. Verificou que alguns minerais podiam ser riscados por outros, tendo definido uma escala de dureza, conhecida até a actualidade por Escala de Mohs (fig. 6).

Se um mineral é riscado por outro ou por um objecto, considera-se que possui uma dureza inferior, numa relação que está presente na **Escala de Mohs** (fig. 7), elaborada em 1822 pelo cientista Friedrich Mohs. Se um mineral risca e é riscado por um outro mineral, apresenta a mesma dureza.

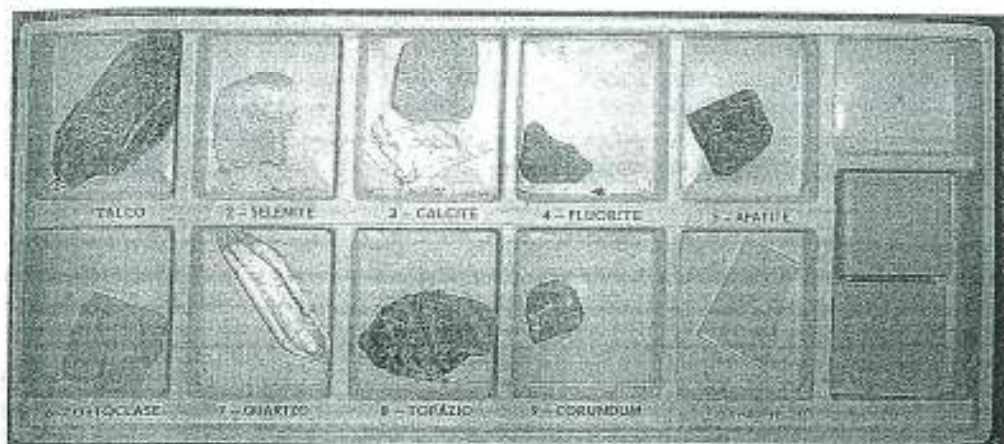
O talco é o mineral menos duro, enquanto que o diamante corresponde ao mineral mais duro e resistente ao risco, sendo incorporado em instrumentos de corte (indústria, medicina, etc.).



A escala de Mohs não é proporcional, pois, de facto, o diamante não é dez vezes mais duro que o talco mas sim quarenta vezes.



6 O cientista Mohs



7 Escala de Mohs.

A dureza de um mineral está associada à força das ligações que o compõem. Assim, os minerais mais duros possuem uma rede cristalina formada por ligações mais fortes do que os minerais com dureza inferior.



8 Teste de dureza

Retirado de:

Silva, J. C.; Ribeiro, E. e Oliveira, O. (2008). Desafios – Ensino Secundário 11º Ano de Escolaridade (2ªed.). Lisboa: Edições Asa.

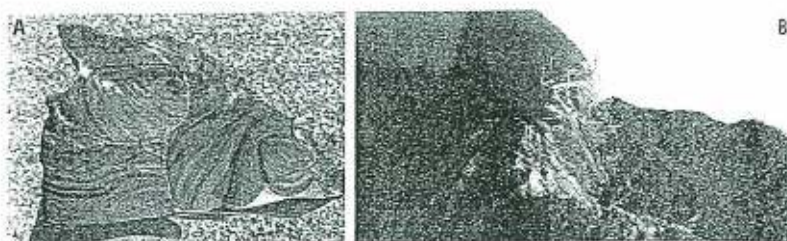
### Clivagem e fractura

Alguns minerais têm a tendência para se quebrar ou dividir ao longo de superfícies paralelas, designadas por planos de clivagem. Os feldspatos ou a calcite possuem vários planos de clivagem (fig. 8A). A moscovite é um mineral que possui uma clivagem perfeita ao longo de uma direcção (fig. 8B). A clivagem ocorre ao longo dos planos dos minerais formados por ligações mais fracas.



8 A calcite cliva ao longo de três planos (A), enquanto que a moscovite cliva apenas ao longo de um plano (B).

A fractura é a tendência de um cristal quebrar ao longo de planos irregulares que não correspondem a planos de clivagem. O quartzo não possui uma clivagem definida, partindo-se em fragmentos irregulares quando sujeito a uma pressão (causada por um martelo, por exemplo). A obsidiana (rocha vítrea) e o quartzo possuem uma fracturação concoidal semelhante ao vidro (fig. 9A), enquanto que os asbestos (que compõem o amianto) possuem uma fractura fibrosa (fig. 9B).



9 Obsidiana com fractura concoidal (A) e asbestos com fractura fibrosa (B).



### Brilho

O brilho de um mineral resulta da reflexão da luz nas suas superfícies frescas. É analisado à vista desarmada e descrito comparativamente a amostras que se encontram categorizadas.

O brilho que um mineral apresenta é controlado pela forma como os átomos se encontram organizados, pois influenciam a absorção ou reflexão da luz. Os minerais formados essencialmente por compostos iónicos tendem a apresentar um brilho vítreo, enquanto que os minerais com ligações covalentes podem apresentar brilhos variáveis. Os minerais podem ser agrupados em diferentes categorias (Tab. I).

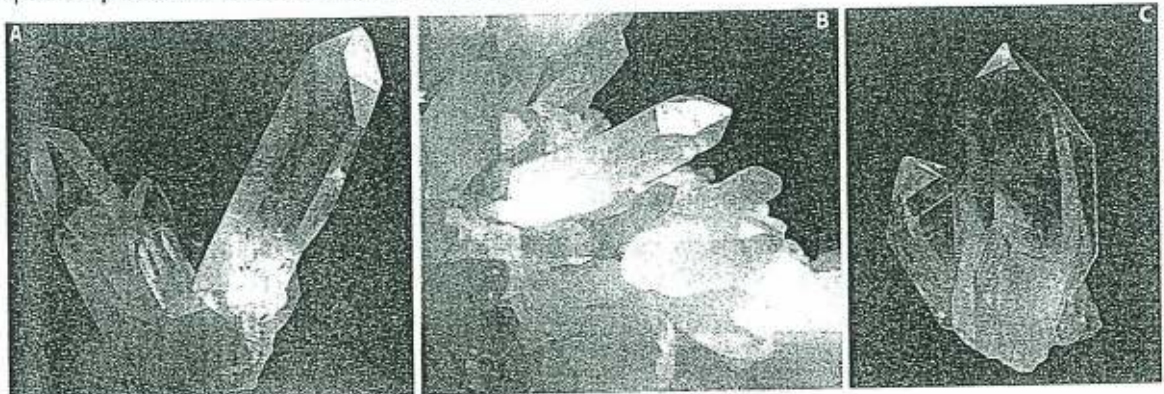
**Tabela I – Classificação dos principais tipos de brilho.**

Brilho	Descrição	Minerais mais comuns
Metálico	Reflexão intensa produzida por minerais opacos	Hematite, galena e pirite
Vítreo	Brilhante como o vidro	Quartzo, fluorite e halite
Resinoso	Característico das resinas	Âmbar e esfarelite
Gorduroso	Semelhante a uma superfície coberta por uma película de gordura	Feldspatos
Nacarado	A reflexão da luz é semelhante à das pérolas	Moscovite e biotite
Sedoso ou acetinado	O brilho é semelhante a um material fibroso, como por exemplo a seda ou o cetim	Talco
Adamantino	Corresponde ao brilho intenso do diamante e minerais semelhantes	Diamante

### Cor

É uma propriedade física muito importante que varia de acordo com a composição química do mineral. As variações na cor tendem a dever-se à presença de impurezas que contaminam o mineral. A cor deverá ser avaliada em superfícies frescas, pois nas superfícies mais antigas e alteradas a cor pode não corresponder à original. Embora seja uma propriedade fácil de avaliar, não é suficiente para identificar um mineral. Os minerais que apresentam uma cor característica designam-se por **idiocromáticos**, enquanto que os **alocromáticos** podem apresentar cores variáveis.

11 O quartzo pode apresentar diversas cores em função das temperaturas de fusão e das impurezas que contém, podendo ser: transparente (A); branco (B) e rosa, formando a ametista (C).





12 A cor do traço dos minerais é mais eficaz para os distinguir do que a cor superficial.

É frequente recorrer-se à cor do mineral quando reduzido a pó numa placa de cerâmica, formando um traço (quando a sua dureza é inferior a 7), ou reduzido a pó num almofariz (quando a dureza é superior a 7). O traço permite diferenciar minerais com cores e brilhos semelhantes e é constante para cada mineral.

#### *Densidade*

Corresponde à medição directa da relação entre a massa e o volume do mineral, sendo usualmente expressa em gramas por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ). A densidade depende da massa atómica dos minerais e da forma como os átomos se encontram arranjados. Os minerais mais "compactados" possuem uma maior densidade.

#### *Magnetismo*

Apenas se conhecem dois minerais com propriedades magnéticas: a magnetite e a pirrotite. Ambos os minerais possuem ferro na sua estrutura cristalina. O magnetismo pode ser constatado nos minerais que são atraídos por um íman. Alguns minerais ricos em manganésio, níquel e titânio podem ser magnetizados, mas apenas após o seu aquecimento.

Como vimos, os geólogos podem realizar alguns protocolos simples para identificar macroscopicamente as amostras minerais. Para além das propriedades físicas, os geólogos podem recorrer às **propriedades químicas**, realizando o teste da efervescência ao ácido clorídrico.

A reacção do mineral ao teste do ácido clorídrico indica que provavelmente corresponde à calcite, em que a efervescência é devida à libertação de dióxido de carbono quando o ácido dissolve o mineral. Este teste indica que se trata de um carbonato de cálcio. Outros carbonatos também reagem ao ácido, mas com uma efervescência menos intensa.





Ao Encontro da Natureza | Suportes de vida na Terra: a água, o ar, as rochas e o solo

## Rochas e minerais

Todos os dias, quando caminhamos na cidade ou no campo, estamos a pisar o chão, esquecendo-nos de que este é constituído por solo e de que sob ele iremos sempre encontrar rochas.

### O que são rochas

As rochas são geralmente sólidas e formadas por vários (Fig. 1) ou apenas um mineral (Fig. 2), constituídos por elementos químicos que se formam naturalmente na Terra, pertencendo, portanto, aos seres inanimados. Existem rochas líquidas, como é o caso do petróleo, e orgânicas, como, por exemplo, o carvão. Os minerais são corpos inorgânicos, naturais, geralmente sólidos e que têm uma determinada composição química bem definida. O mineral líquido que existe é o mercúrio.

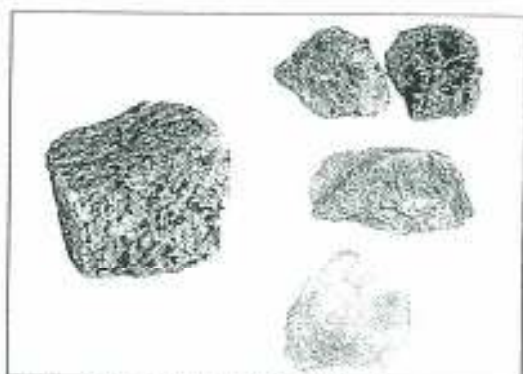


Fig.1 - No granito é fácil distinguir-se os seus principais minerais, que o constituem

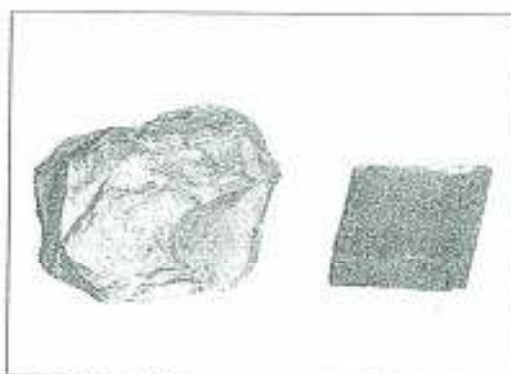


Fig.2 - No calcário raramente se vê o mineral que o constitui: a calcite

Retirado de:

Santos, C. E. (2005). Ao Encontro da Natureza – Ciências da Natureza 5º ano (3ª ed.). Lisboa: Plátano Editora, S. A.



Onde e como podemos encontrar as rochas?



Fig.3 - As rochas podem encontrar-se a descoberto...

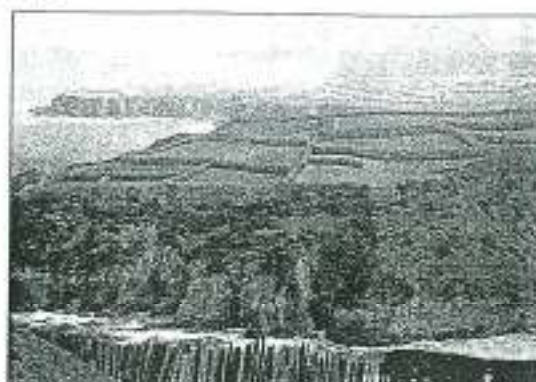


Fig.4 - ... ou cobertas pelo solo, onde se desenvolvem as plantas.



Fig.5 - Podem formar conjuntos maciços...



Fig.6 - ... ou encontrar-se soltas como as areias nas praias.



Fig.7 - Podem tomar aspectos bizarros...



Fig.8 - ... ou estar cobertas pela água dos oceanos...

Existem muitas rochas que possuem minerais metálicos a que se chama minérios. São normalmente encontrados em minas ou jazidas. Um dos metais mais usados pela indústria é o ferro, raramente puro, mas sob a forma de aço. Conheces também outros metais, como o ouro, a prata, o estanho e o cobre.



### *Actividade Decidir Telhas*

---

## **Capacidade Térmica Mássica**

Todos já notámos que alguns alimentos se mantêm quentes durante mais tempo do que outros. O recheio de uma tarte de maçã quente pode queimar a nossa língua enquanto que a crosta não queima, mesmo que a tarte tenha acabado de sair do forno.

Diferentes substâncias têm diferentes capacidades de armazenar energia. Se aquecermos uma panela com água no fogão inicialmente à temperatura ambiente, podemos verificar que requer 15 minutos para atingir a sua temperatura de ebulição. Mas se colocarmos uma massa igual de ferro no mesmo fogão, verificaremos que esta sofre o mesmo aumento de temperatura em apenas 2 minutos. Assim, verifica-se que materiais específicos requerem quantidades de calor específicas para provocar determinados aumentos de temperatura de uma dada massa de material.

A energia absorvida pode afectar as substâncias de várias maneiras. Geralmente, só parte da energia absorvida por uma substância aumenta a sua temperatura. A energia absorvida pode aumentar a rotação das moléculas, as vibrações internas das moléculas ou alongar as ligações intermoleculares e ser armazenada como energia potencial. Contudo, estes tipos de energia não são medidas de temperatura. A energia absorvida que aumenta a velocidade de translacção das moléculas é responsável por aumentos na temperatura. A temperatura é uma medida só da energia cinética do movimento de translacção.

Enquanto que um grama de água requer 1 caloria de energia para aumentar a temperatura 1°C, só é necessário um oitavo dessa energia para provocar o mesmo aumento de temperatura de um grama de ferro. Os átomos de ferro na rede metálica oscilam para a frente e para trás em translacções, enquanto que as moléculas de água absorvem muita energia em rotações, vibrações internas e alongamento de ligações. Assim, a água absorve mais calor por grama do que o ferro para a mesma variação de temperatura. Dizemos que a água tem uma capacidade térmica mássica maior.

A capacidade térmica mássica de cada substância é definida como a quantidade de calor requerida para aumentar a temperatura de uma unidade de massa da substância de 1 grau.

## **Condução**

Se segurarmos na extremidade de um fio de ferro colocado numa chama, num instante o fio fica quente demais para poder ser segurado. A energia foi transferida através do metal por **condução**. A condução de energia sob a forma de calor pode acontecer através do mesmo material e

entre materiais diferentes em contacto directo. Os materiais que conduzem a energia sob a forma de calor são conhecidos como **condutores** de calor. Os metais são os melhores condutores. De entre os metais comuns, a prata é o melhor condutor, seguida do cobre, alumínio e ferro.

A condução é explicada por colisões entre átomos ou moléculas, e pelos movimentos de electrões livres. No fio de ferro, a chama provoca nos átomos da extremidade aquecida vibrações mais rápidas. Estes átomos vibram contra átomos vizinhos, os quais fazem o mesmo. Mais importante, electrões livres que se movem à deriva através do metal transferem energia colidindo com átomos e com outros electrões livres no fio.

Materiais constituídos por átomos com electrões externos “à deriva” são bons condutores de calor (e de electricidade também). Como os metais têm os electrões externos mais “à deriva”, são os melhores condutores de calor e electricidade.

Toque numa peça de metal e numa peça de madeira na sua vizinhança. Qual deles *sente* mais frio? Qual é *realmente* mais frio? As respostas devem ser diferentes. Se os materiais estiverem na mesma vizinhança, devem estar à mesma temperatura, a temperatura ambiente. Portanto, nenhum deles está realmente mais frio. Ainda assim, o metal *sente-se* mais frio porque é melhor condutor; a energia passa rapidamente da mão mais quente para o metal mais frio. A madeira, por outro lado, é um mau condutor. Pouca energia passa da mão para a madeira, assim a mão não sente que está a tocar algo mais frio. A madeira, a lã, a palha, o papel, a cortiça e o poliestireno (espuma) são maus condutores de calor. Chamam-se bons **isoladores** porque atrasam a transferência de energia. Um mau condutor é um bom isolador.

Materiais porosos com muitos pequenos espaços preenchidos de ar são bons isoladores. As boas propriedades isolantes de materiais como a madeira, pêlo e penas são em grande parte devidas aos espaços de ar que contêm. As aves variam o seu isolamento amaciando as penas para criar espaços de ar. Felizmente o ar é um mau condutor.

Os flocos de neve aprisionam muito ar nos seus cristais e por isso são bons isoladores. A neve atrasa a fuga de calor da superfície da Terra, protege as habitações Esquimós do frio e protege os animais em noites frias de inverno. A neve, como qualquer cobertor, não é uma fonte de energia; simplesmente evita que o calor escape rapidamente.

O calor é uma forma de energia e é tangível. O frio não; o frio é simplesmente a ausência de calor. No sentido restrito, não há “frio” que passe através de um condutor ou de um isolador. Só a energia é transferida. Nós não isolamos uma casa para manter o frio lá fora; nós isolamos para manter o calor dentro de casa. Se a casa arrefecer, é porque o calor escapou.

Note-se que nenhum isolador pode evitar totalmente ser percorrido por calor. Um isolador apenas reduz a taxa à qual a energia é transferida. Até as casas mais bem isoladas arrefecem gradualmente no inverno. O isolamento atrasa a transferência de energia.



A neve dura mais no telhado de uma casa bem isolada. Portanto, os padrões de neve revelam a condução, ou falta de condução, de calor através do telhado.

## Expansão Térmica

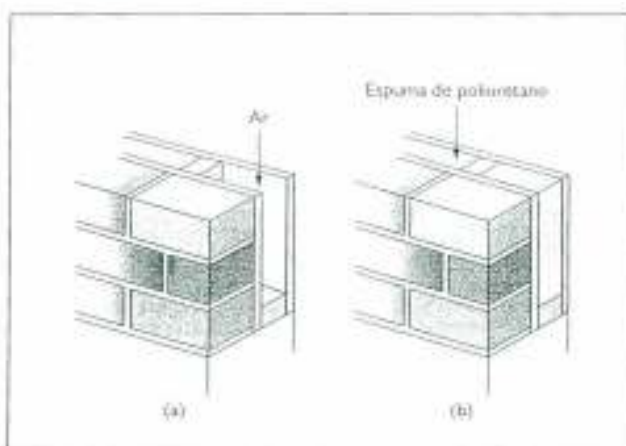
Quando a temperatura de uma substância aumenta, as suas moléculas agitam-se mais depressa e normalmente tendem a afastar-se. Isto resulta numa expansão da substância. Com poucas excepções, todas as formas de matéria – sólidos, líquidos e gases – expandem quando são aquecidos e contraem quando são arrefecidos. Para pressões comparáveis e variações de temperatura comparáveis, os gases geralmente expandem ou contraem muito mais do que os líquidos, e os líquidos expandem ou contraem mais do que os sólidos.

Se o pavimento de passeios e auto-estradas fosse assente em peças contínuas, apareceriam fracturas devido à expansão e contracção provocadas por diferenças de temperatura entre o verão e o inverno. Para evitar isto, a superfície dos pavimentos é colocada em pequenas secções, cada uma separada da seguinte por pequenas aberturas preenchidas por uma substância como alcatrão. Num dia quente de verão, a expansão muitas vezes aperta o material para fora das juntas.

A expansão de materiais deve ser permitida na construção de estruturas e aparelhos de todos os tipos. Um engenheiro civil usa aço com a mesma taxa de expansão que o cimento para reforçar este.

**Saber +****Utilização Racional de Energia – Isolamento Térmico**

Embora saibamos que a energia não se perde, podemos dizer que se degrada e que deixa de ser aproveitável para os seres humanos. Um dos exemplos em que esse fenómeno se verifica é nas trocas de calor que ocorrem nas habitações e nas máquinas frigoríficas. De facto podemos dizer que a energia que é fornecida para aquecer uma casa ou arrefecer um frigorífico é desperdiçada se não houver um isolamento térmico adequado.



1.42 Formas de melhorar o isolamento térmico de uma parede: (a) usando uma caixa de ar; (b) usando uma espuma de poliuretano.

No isolamento térmico de casas, automóveis e utensílios da actividade humana em geral, têm de ser consideradas as condutividades térmicas dos materiais que os constituem e que, em particular, os separam do meio envolvente.

Uma parede de uma casa ganha se for construída uma caixa de ar entre duas camadas de tijolo, pois o ar funciona como um isolador à troca de energia entre o interior e o exterior da casa, dado que possui uma capacidade térmica bastante baixa. Também por essa razão se fazem janelas com vidros duplos, que têm uma camada de ar a separar os dois vidros.

Retirado de:

Costa, A.; Costa, A. M.; Moisés, A. e Cacião, F. (2003). Ver + Física A 10º ano (1ªed.).

Lisboa: Plátano Editora.

## **APÊNDICE H**

### **TERCEIRA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO**

*O que achaste da actividade ?*

Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Actividade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Responde e ajudas-me no trabalho ...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. **Nunca deixes nenhum espaço em branco, isto é, responde a todas as perguntas.**

Desde já, obrigada pela tua preciosa colaboração.

1- Como descreverias esta actividade a um colega teu? O que lhe dirias?

2- Escreve os aspectos desta actividade que gostarias de salientar a um colega teu.

3- Mudarias alguma coisa nesta actividade? O quê?

4- Escreve o que pensas que é pedido nas questões A, B, C e D. Sê o mais claro e completo que consigas.

A –

B –

C –

D –

5 – Tiveste dificuldades em compreender algumas das questões da actividade? Qual ou quais?

6 – Se respondeste “sim” à pergunta anterior, explica quais foram as razões que te levaram a ter dificuldade em compreender algumas das questões da actividade.

7 - Como classificarias a actividade que acabaste de realizar quanto à semelhança com trabalhos realizados por ti nas aulas de Física e Química do 10º ano de escolaridade:

Nenhuma ☐

Pouca ☐

Alguma ☐

Muita ☐

8 – O que a torna semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química?

---

---

---

---

---

9 – O que a torna não semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química?

---

---

---

---

---

---



Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Actividade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Responde e ajudas-me no trabalho...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. **Nunca deixes nenhum espaço em branco, isto é, responde a todas as perguntas.**

Desde já, obrigada pela tua preciosa colaboração.

1- Como descreverias esta actividade a um colega teu ? O que lhe dirias?

2- Escreve os aspectos desta actividade que gostarias de salientar a um colega teu.

3- Mudarias alguma coisa nesta actividade? O quê?

4- Escreve o que pensas que é pedido nas questões E, F, G e H. Sê o mais claro e completo que consigas.

E –

F –

G –

H –

5 – Tiveste dificuldades em compreender algumas das questões da actividade? Qual ou quais?

6 – Se respondeste “sim” à pergunta anterior, explica quais foram as razões que te levaram a ter dificuldade em compreender algumas das questões da actividade.

7 - Como classificarias a actividade que acabaste de realizar quanto à semelhança com trabalhos realizados por ti nas aulas de Física e Química do 10º ano de escolaridade:

Nenhuma ☐ Pouca ☐ Alguma ☐ Muita ☐

8 – O que a torna semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química?

---

---

---

---

---

---

9 – O que a torna não semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química?

---

---

---

---

---

---

## **APÊNDICE I**

### **SEGUNDA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO**

*Opinião sobre a actividade*

*(todas as actividade usadas no estudo)*

1- Para esta actividade indique a sua opinião relativamente a:

*Adequada ao 10º ano*

*Sim* ☐

*Não* ☐

*Grau de dificuldade*

*Baixo* ☐

*Médio* ☐

*Alto* ☐

*Semelhança com trabalhos realizados na aula*

*Nenhuma* ☐

*Pouca* ☐

*Alguma* ☐

*Muita* ☐

2 - Como descreveria esta actividade a um colega?

---

---

---

---

---

3- Que aspectos salientaria sobre esta actividade por considerar que lhe dão um carácter diferente do habitual?

---

---

---

---

---

4- O que a torna semelhante às actividades que realiza com os seus alunos em sala de aula?

---

---

---

---

5- O que a torna não semelhante às actividades que realiza com os seus alunos em sala de aula?

---

---

---

---

6- Que alterações faria na formulação da actividade de modo a torná-la mais semelhante aos trabalhos que realiza com os seus alunos em sala de aula?

---

---

---

---

---

---

## **APÊNDICE L**

### **QUESTIONÁRIO**

#### ***Nível Educacional dos Pais***

ESCOLA: \_\_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

SEXO: F ☐ M ☐

IDADE ACTUAL: \_\_\_\_\_ ANOS

DATA DE NASCIMENTO: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

NÍVEL DE ESCOLARIDADE DA  
MÃE:

1º Ciclo do ensino básico ☐

2º Ciclo do ensino básico ☐

3º Ciclo do ensino básico ☐

Frequência do ensino secundário ☐

12º Ano completo ☐

Outro ☐

Qual?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

NÍVEL DE ESCOLARIDADE DO  
PAI:

1º Ciclo do ensino básico ☐

2º Ciclo do ensino básico ☐

3º Ciclo do ensino básico ☐

Frequência do ensino secundário ☐

12º Ano completo ☐

Outro ☐

Qual?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## **APÊNDICE M**

### **QUESTIONÁRIO**

#### ***Práticas docentes***

## QUESTIONÁRIO

O presente questionário destina-se a caracterizar práticas de docentes da disciplina de Física e Química em sala de aula. Para tal, solicita-se a sua colaboração, respondendo com toda a sinceridade.

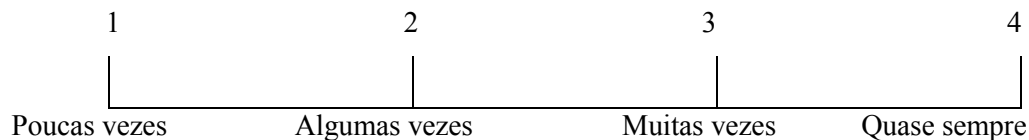
Para responder, tenha presente as suas aulas e baseie as suas respostas naquilo que efectivamente faz na sala de aula e não naquilo que eventualmente considera desejável, ideal ou apreciável fazer. De modo a que a caracterização das suas práticas seja o mais objectiva e fidedigna possível, apela-se, pois, para a sua total sinceridade. As suas respostas serão confidenciais e anónimas.

Cada afirmação apresenta uma escala de 1 a 4, em que cada algarismo corresponde a uma expressão que pretende traduzir a frequência com que algo ocorre. Para cada afirmação, assinale com uma cruz o algarismo da escala que melhor corresponda às suas práticas; ou seja, àquilo que se passa, na realidade, em sala de aula, conforme se exemplifica.

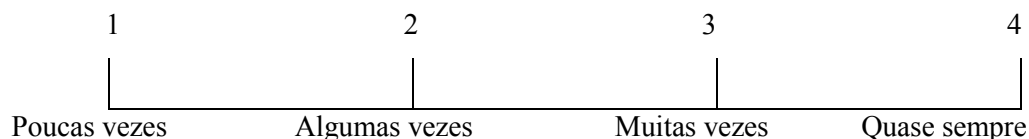
“Exijo que os alunos permaneçam sempre de pé”

<del>1</del>	2	3	4
Poucas vezes	Algumas vezes	Muitas vezes	Quase sempre

1. Na sala de aula, utilizo materiais curriculares (fichas, protocolos, textos, actividades, manuais escolares) consciente e intencionalmente **seleccionados** com o firme propósito de obrigar o aluno a usar as suas capacidades de pensamento inerentes à resolução de problemas e que não correspondem só a lembrar, recordar ou memorizar.



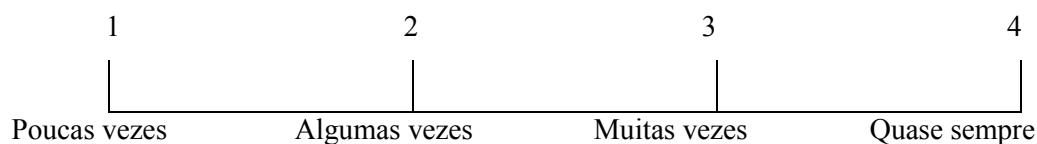
2. Uso materiais curriculares **(re)elaborados por mim**, com o firme propósito de obrigar os alunos a usar capacidades de pensamento inerentes à resolução de problemas e que não correspondem só a lembrar, recordar ou memorizar.



3. Recorro a materiais integrados em programas para ensinar capacidades de pensamento inerentes à resolução de problemas, nacionais ou estrangeiros, existentes e comercializados, cuja finalidade é obrigar os alunos a usarem capacidades de pensamento e não só a lembrar, recordar ou memorizar.



4. Na sala de aula utilizo, como material curricular, o manual escolar. (-)



5. Recorro e proponho a realização de actividades integradas no manual escolar.

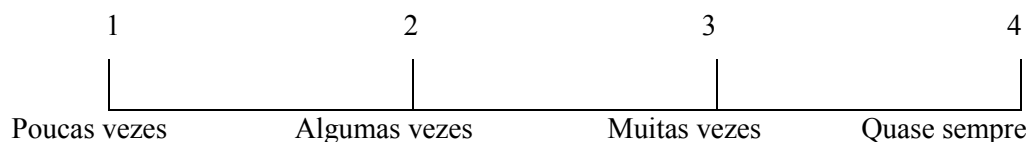
(-)



6. Em sala de aula utilizo, como material curricular, exercícios retirados de conjuntos de fichas produzidos pelas editoras escolares. (-)



7. Nas aulas, proponho a realização de trabalho laboratorial/prático:



8. Nos trabalhos laboratoriais / práticos que proponho nas aulas .....

	1	2	3	4
	Poucas vezes	Algumas vezes	Muitas vezes	Quase sempre
i) Transmito previamente aos alunos os conhecimentos teóricos básicos para a realização do trabalho (-)				
ii) Peço aos alunos que planifiquem as experiências				
iii) Coloco ao dispôr dos alunos fontes de informação diversificadas para pesquisarem				
vi) Distribuo a cada grupo de alunos o material necessário para realizar a experiência (-)				
v) Peço aos alunos que sigam uma experiência previamente planificada (-)				
vi) Peço aos alunos que executem procedimentos descritos (-)				

## 8. Nos trabalhos laboratoriais / práticos que proponho nas aulas ...(continuação)

	1	2	3	4
	Poucas vezes	Algumas vezes	Muitas vezes	Quase sempre
vii) Coloco questões-problema para os alunos responderem com recurso a bibliografia e a material				
viii) Peço aos alunos que construam a metodologia de resolução do problema proposto				
ix) Forneço uma lista do material mais adequado à actividade proposta (-)				
x) O material mais adequado à actividade proposta é escolhido pelos alunos				
xi) Realizo a experiência, os alunos observam, registam os dados e fazem o relatório (-)				
xii) Instruo os alunos sobre o passo seguinte, sempre que me solicitam durante a realização da actividade (-)				
xiii) Uso actividades convencionais (-)				
xiv) Proponho actividades de forma a obrigar os alunos a retirar a informação que é importante para realizarem o trabalho				
xv) Proponho actividades de forma a obrigar os alunos a descobrir o que têm que fazer ao certo				
xvi) Uso equipamentos ou materiais com os quais se tem relação directa na vida real, como por exemplo _____ _____				

9. A propósito da realização de actividades experimentais, solicito a elaboração de relatórios:

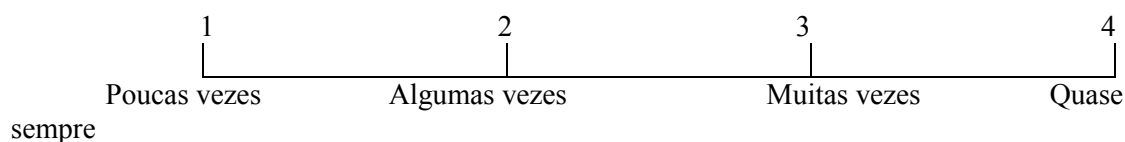


10. Os relatórios pedidos são elaborados pelos alunos individualmente, em casa.

(-)



11. Os relatórios pedidos são entendidos como um instrumento para os alunos de forma autónoma decidirem acções, clarificarem questões, interpretar dados e avaliarem observações e informação.



Sexo: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_\_

Habilitações académicas: \_\_\_\_\_

Habilitações profissionais: \_\_\_\_\_

Grupo disciplinar: \_\_\_\_\_

Situação profissional: \_\_\_\_\_

Escola em que se encontra a leccionar: \_\_\_\_\_

---

*Nota.* Todos os itens assinalados com um sinal menos (-) correspondem a práticas docentes em sala de aula associadas à resolução de exercícios académicos. Ou seja, estes itens traduzem poucos hábitos do uso de actividades em sala de aula com a natureza de problemas da vida real e por isso, foram cotados usando pesos invertidos em relação à chave. Esta informação não constava do questionário administrado aos professores envolvidos no estudo.

## **APÊNDICE N**

### **QUESTIONÁRIO**

*Trabalhos Habituais nas Aulas de Física e Química*

Escola: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Responde e ajudas-me no trabalho ...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. **Nunca deixes nenhum espaço em branco, isto é, responde a todas as perguntas.** Desde já, obrigada pela tua preciosa colaboração.

Nos trabalhos que costumas realizar nas aulas de Física e Química .....

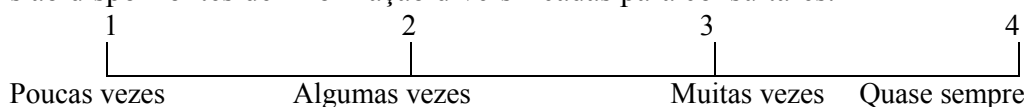
i) O teu professor transmite previamente os conhecimentos teóricos básicos para a realização do trabalho. (-)



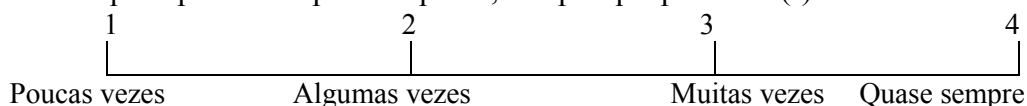
ii) Planificas as experiências.



iii) Tens ao dispôr fontes de informação diversificadas para consultares.



iv) É-te dito o que é para fazer passo-a-passo, sempre que precisas. (-)



v) Vês-te na necessidade de retirar a informação que é importante para realizar o trabalho.

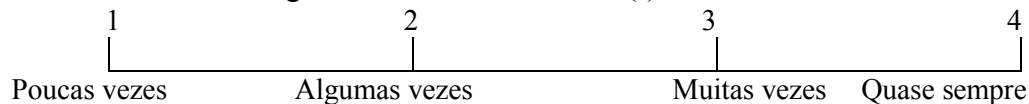


vi) Realizas actividades que te obrigam a pensar.

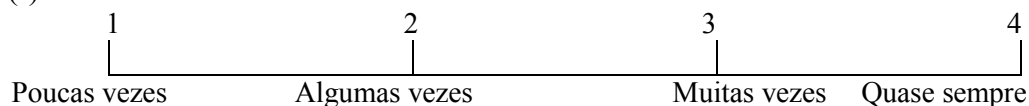




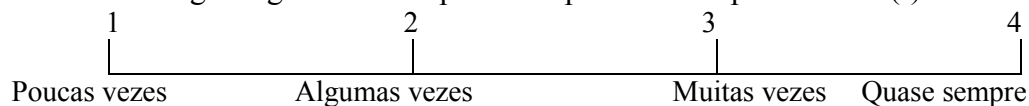
vii) Realizas actividades integradas no manual escolar. (-)



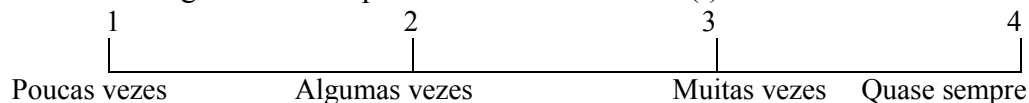
viii) O material necessário para realizar a experiência é distribuído pelo professor a cada grupo. (-)



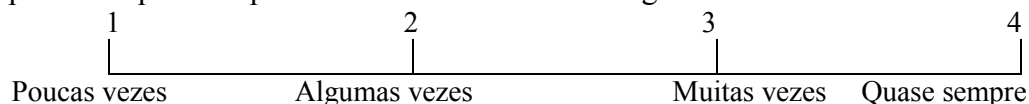
ix) Tu e aos teus colegas seguem uma experiência previamente planificada. (-)



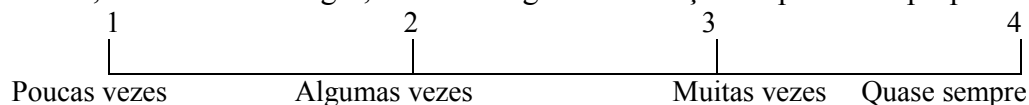
x) Tu e aos teus colegas executam procedimentos descritos. (-)



xi) Respondes a questões-problema com recurso a bibliografia e a material.



xii) Constróis, com os teus colegas, a metodologia de resolução do problema proposto.



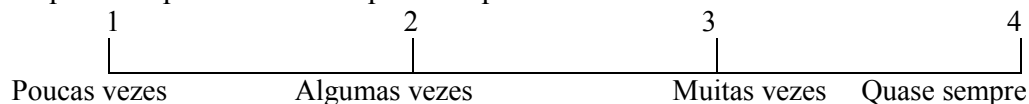
xiii) O material mais adequado à actividade proposta é escolhido por ti e pelos teus colegas.



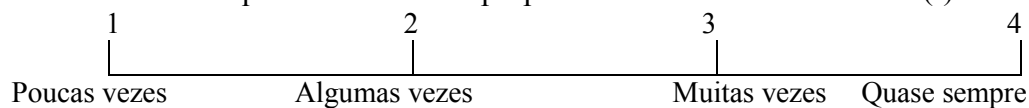
xiv) O material é utilizado pelo professor e tu e os teus colegas registam os dados e fazem o relatório. (-)



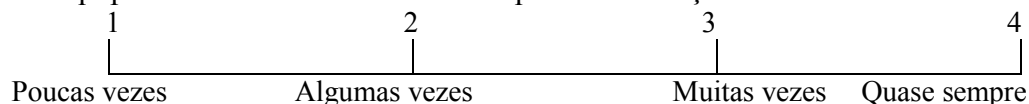
xv) És tu que tens que descobrir o que tens que fazer ao certo.



xvi) O material mais adequado à actividade proposta é-te indicado numa lista. (-)



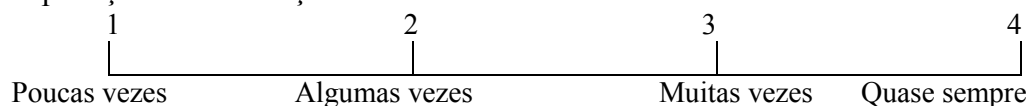
xvii) Usas equipamentos ou materiais com os quais tens relação directa na vida real.



xviii) Os relatórios pedidos pelo professor são feitos por ti e pelos teus colegas individualmente, em casa. (-)



xix) Ao elaborar os relatórios, discutes com os teus colegas de grupo para clarificar e avaliar explicações e informação.



---

*Nota.* Todos os itens assinalados com um sinal menos (-) correspondem à realização de exercícios académicos em sala de aula. Ou seja, estes itens traduzem poucos hábitos de realização em sala de aula de actividades com a natureza de problemas da vida real e por isso, as respostas assinaladas foram contadas usando a chave invertida. Esta informação não constava do questionário administrado aos alunos participantes no estudo.

## **APÊNDICE O**

### **QUARTA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO**

*O que achaste da actividade ?*

Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Actividade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Responde e ajudas-me no trabalho ...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. **Nunca deixes nenhum espaço em branco, isto é, responde a todas as perguntas.** Desde já, obrigada pela tua preciosa colaboração.

1- Como descreverias esta actividade a um colega teu ? O que lhe dirias ?

2- Escreve os aspectos desta actividade que gostarias de salientar a um colega teu.

3- Mudarias alguma coisa nesta actividade? O quê?

4 - Como classificarias a actividade que acabaste de realizar quanto à semelhança com trabalhos realizados por ti nas aulas de Física e Química do 10º ano de escolaridade:

*Nenhuma* ☐

*Pouca* ☐

*Alguma* ☐

*Muita* ☐

5 – O que a torna semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química ?

---

---

---

---

---

---

---

---

6 – O que a torna não semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química ?

---

---

---

---

---

---

---

---

Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Actividade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Responde e ajudas-me no trabalho ...**

No sentido de ajudares no desenvolvimento de uma investigação que pode contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem da Física e da Química no nosso país, responde com sinceridade às questões que a seguir te são colocadas. **Nunca deixes nenhum espaço em branco, isto é, responde a todas as perguntas.**

Desde já, obrigada pela tua preciosa colaboração.

1- Como descreverias esta actividade a um colega teu ? O que lhe dirias ?

2- Escreve os aspectos desta actividade que gostarias de salientar a um colega teu.

3- Mudarias alguma coisa nesta actividade? O quê?

4 - Como classificarias a actividade que acabaste de realizar quanto à semelhança com trabalhos realizados por ti nas aulas de Física e Química do 10º ano de escolaridade:

*Nenhuma* ☐

*Pouca* ☐

*Alguma* ☐

*Muita* ☐

5 – O que a torna semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química ?

---

---

---

---

---

---

---

6 – O que a torna não semelhante às actividades que realizas nas aulas de Física e Química ?

---

---

---

---

---

---

---

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aikenhead, G. (2002). *Renegotiating the Culture of School Science: Scientific Literacy for an Informed Public*. Conferência apresentada na Universidade de Lisboa. Abstract recuperado de <http://www.usak.ca/education/people/aikenhead/portugal.htm>.
- Alberts, R. V. J.; van Beuzekom, P. J. & De Roo, I. (1986). The Assessment of Practical Work: A Choice of Options. *European Journal of Science Education*, 8(4), 361-369.
- Anderson, L. W. (1995). School and Classroom Factors. In L. W. Anderson (Ed.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education* (pp. 305-307). Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Aschbacher, P. R. (1991). Performance Assessment: State Activity, Interest, and Concerns. *Applied Measurement in Education*, 4(4), 275-288.
- Association for Science Education (1997). *The World of Science*.
- Auntoh, K. A. & Woolnough, B. E. (1994). Science Process Skills: Are They Generalisable ? *Research in Science and Technological Education*, 12(1), 31-42.



- 
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y Retención del Conocimiento – Una Perspectiva Cognitiva*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S. A.
- Bachelard, G. (2004). *La formation de l'esprit scientifique*. France: Librairie Philosophique J. Vrin.
- Bardin, L. (2004). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Barra, M. L.; Urbina, A. M. & Barra, G. L. (2000). Problem Solving: Learning and Assessment Model. *Proceedings of the 30th Annual Frontiers in Education Conference 1*, F2B/7F2B/18. Washington, DC: IEEE Computer Society.
- Baxter, G. P.; Shavelson, R. J.; Goldman, S. R. & Pine, J. (1992). Evaluation of Procedure-Based Scoring for Hands-On Science Assessment. *Journal of Educational Measurement*, 29(1), 1-17.
- Baxter, G. P.; Glaser, R. & Raghavan, K. (1993). *Analysis of Cognitive Demand in Selected Alternative Science Assessments. Analysis of Structures and Processes Assessed in Science*. Project 2.1 Alternative Approaches to Assessment in Mathematics and Science. Cognitive Theory as the Basis for Design of Innovative Assessment. Recuperado da base de dados ERIC (ED368776).
- Baxter, G. P. & Shavelson, R. J. (1994). Science Performance Assessments: Benchmarks and Surrogates. *International Journal of Educational Research*, 21(3), 279-298.
- Baxter, G. P.; Elder, A. D. & Glaser, R. (1994). *Cognitive Analysis of a Science Performance Assessment*. Recuperado da base de dados ERIC (ED376214).
- Bell, B. & Cowie, B. (2001). *Formative Assessment and Science Education*. Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Berenson, S. B. & Carter, G. S. (1995). Changing Assessment Practices in Science and Mathematics. *School Science and Mathematics*, 95(4), 182-186.

- Birenbaum, M. (1996). Assessment 2000: Towards a Pluralistic Approach to Assessment. In M. Birenbaum & F. J. R. C. Dochy (Eds.), *Alternatives in Assessment of Achievements, Learning Processes and Prior Knowledge*, (pp. 3-30). Boston: Kluwer.
- Black, P. (1998). *Testing: Friend or Foe? Theory and Practice of Assessment and Testing*. London: Falmer Press.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação. Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Porto: Porto Editora.
- Bonito, J. (2008). Perspectivas actuais sobre o ensino das ciências: clarificação de caminhos. *Terræ Didactica*, 4(1), 28-42. Recuperado de <http://www.ige.unicamp.br/terraedidactica/>
- Bóo, M. (1999). *Enquiring Children, Challenging Teaching – Investigating Science Processes*. Philadelphia: Open University Press.
- Buck, G.; Latta, M. & Leslie-Pelecky, D. (2007). Learning How to Make Inquiry into Electricity and Magnetism Discernible to Middle Level Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 18(3), 377-397.
- Cachapuz, A.; Paixão, F.; Lopes, J. & Guerra, C. (2008). Do Estado de Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 27-49.
- Caillot, M. (2006). *From a Text-Book Problem Statement to Stating a Problem by Students in Physics Education*. Conferência apresentada na Universidade de Lisboa. Abstract recuperado de [http://cie.fc.ul.pt/conf\\_mcaillot.htm](http://cie.fc.ul.pt/conf_mcaillot.htm)
- Carvalhosa, M. C.; Guimarães, M. F. e Pinto, B. M. (1994). *Técnicas Laboratoriais de Física – Bloco II*. Porto: Porto Editora.

- Chen-Jung, T., Shao-Tsu & Tsung-Cheng, L. (2004, May 15-20). A Problem-Based Learning Assessment Strategy. *Proceedings of the 9th World Conference on Continuing Engineering Education, Tokyo*, 120-125.
- Choi, J.; Christopher, D.; Hsu, P.; Kim, H. & McGriff, S. (2000, Spring). *A Problem Solving Assessment Instrument – An Example and Critique of a Problem Solving Assessment Instrument for Middle School*. University Park, PA: The Pennsylvania State University, Instructional Systems, College of Education.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education*. London and New York: Routledge/Falmer.
- Comissão Europeia (2007). Regulamento (CE) N° 105/2007 da Comissão de 1 de Fevereiro de 2007 que altera os anexos do regulamento (CE) n° 1059/2003 do Parlamento Europeu e do conselho relativo à instituição de uma Nomenclatura Comum das Unidades Territoriais Estatísticas (NUTS). *Jornal Oficial da União Europeia, L039*, 001-0037.
- Costa, A.; Costa, A. M.; Moisés, A. e Caeiro, F. (2003). *Ver + Física A 10º ano* (1ªed.). Lisboa: Plátano Editora.
- Costa, J. B. (2008). *Estudo e Classificação das Rochas por Exame Macroscópico*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Cronbach, L. J.; Linn, R. L.; Brennan, R. L. & Haertel, H. H. (1997). Generalizability Analysis for Performance Assessments of Student Achievement or School Effectiveness. *Educational and Psychological Measurement*, 57(3), 373-399.
- Cruz, M. N.; Martins, I. P. e Martins, A. (1991a). *Á Descoberta da Química – 8º ano de escolaridade*. Porto: Porto Editora.
- Cruz, M. N.; Martins, I. P. e Martins, A. (1991b). *Á Descoberta da Física – 8º ano de escolaridade*. Porto: Porto Editora.

- Curto, M. J. e Menezes, M. D. (1996). *Técnicas Laboratoriais de Química I*. Lisboa: Lisboa Editora.
- Darling-Hammond, L., Ancess, J. & Falk, B. (1995). *Authentic Assessment in Action: Studies of Schools and Students at Work*. New York: Teachers' College Press.
- Denzin, N. K. (1997). Triangulation in Educational Research. In J. P. Keeves (Ed.), *Educational Research, Methodology, and Measurement: An International Handbook*, (pp. 318-322). Cambridge, UK: Elsevier Science Ltd.
- DeTure, L. R., Fraser, B. J. & Doran, R. L. (1995). Assessment and Investigation of Science Laboratory Skills among Year 5 Students. *Research in Science Education* 25(3), 253-266.
- Dewey, J. (1910). *How We Think*. New York: Prometheus Books.
- Direcção Regional de Educação de Lisboa e Vale do Tejo (2008). *Lista público*. Recuperada de [http://www.drelvt.min-edu.pt/pesquisa/lista\\_publico.asp](http://www.drelvt.min-edu.pt/pesquisa/lista_publico.asp)
- Dori, Y; Tal, R. (1998). Formal and Informal Collaborative Projects: Engaging in Industry with Environmental Awareness. *Science Education*, 84(1), 95-113.
- Empresa Pública das Águas Livres de Lisboa. (2007). *Qualidade da Água para Consumo Humano – Relatório Anual 2007* (25-27). Recuperado de <http://www.epal.pt/>
- Engel-Clough, E. & Driver, R. (1986). A Study of the Consistency in the Use of Students' Conceptual Frameworks Across Different Tasks Contexts. *Science Education*, 70 (4), 473-496.
- English, L. (1998). Children's Problem Posing within Formal and Informal Contexts. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(1) 83-106.

- 
- Ennis, R. H. (1962). A Concept of Critical Thinking. *Harvard Educational Review*, 32(1), 81-111.
- Ennis, R. H. (1964). Operational Definitions. *American Educational Research Journal*, 1(3), 183-201.
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44-48.
- Ennis, R. H. & Millman, J. (1985). *Cornell Tests of Critical Thinking*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications.
- Ennis, R. H.; Millman, J. & Tomko, T. N. (1985). *Cornell Critical Thinking Tests Level X and Level Z: Manual*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications.
- Ennis, R. H. (1987). A Taxonomy of Critical Thinking Dispositions and Habilities. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching Thinking Skills Theory and Practice*, (pp. 9-26). New York: W. H. Freeman and Company.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Erickson, G. L. & Meyer, K. (1998). Performance Assessment Tasks in Science: What Are They Measuring ? In B. J. Fraser & K. J. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, (pp. 845-865). London/Boston: Kluwer Academic Publishers.
- European Comission Education of Training (2010). *Validation of non-formal and informal learning*. Recuperado de [http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/doc52\\_en.htm](http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/doc52_en.htm)
- Fensham, P. J. (2009). Real World Contexts in PISA Science: Implications for Context-based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896.

- Field, A. (2005). *Discovering Statistics Using SPSS (and sex, drugs and rock 'n' roll)*. London/Thousand Oaks/New Delhi: Sage Publications
- Figueiredo, A. D. & Afonso, A. P. (2006). *Managing Learning in Virtual Settings: The Role of Context*. Hershey, USA: Idea Group, Inc.
- Finegold, M. & Mass, R. (1985). Differences in the processes of solving physics problems between good physics problem solvers and poor physics problem solvers. *Research in Science & Technological Education*, 3(1), 59-67.
- Fiuza, E. M. & Silva, M. M. (1999). *Projecto P-IV-1058 – Desenvolvimento de um kit de análise de água: Uma aplicação ao ensino da Química*. Lisboa: Ministério da Ciência e da Tecnologia.
- Follman, J. (2003). Reliability Estimates of Contemporary Critical Thinking Instruments. *The Korean Journal of Thinking & Problem Solving*, 13(1), 73-81.
- Friege, G., & Lind, G. (2006). Types and qualities of knowledge and their relation to problem solving in physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 437-465.
- Frederiksen, N. (1984). The Real Test Bias: Influences of Testing on Teaching and Learning. *American Psychologist*, 39(3), 193-202.
- Gabel, D. L. (1986). *Problem Solving in Chemistry. Research Matters... to the Science Teacher*. Abstract recuperado da base de dados ERIC. (ED266957).
- Gabel, D. L. & Bunce, D. (1994). Research on Problem Solving: Chemistry. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning – a Project of the National Science Teachers Association*, (pp. 301-326). New York: Macmillan.
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction*. New York, N. Y: CBS Publishing Asia.

- 
- Gall, M. D.; Gall, J. P. & Borg, W. R (2007). *Educational Research: An Introduction*. Pearson International Edition: Pearson Education, Inc.
- Gao, X.; Shavelson, R. J. & Baxter, G. P. (1994). Generalizability of Large-Scale Performance Assessments in Science: Promises and Problems. *Applied Measurement in Education*, 7(4), 323-342.
- Garrett, R. M., Satterly, D., Gil-Perez, D. e Martinez-Torregosa, J. (1990). Turning Exercises into Problems: An Experimental Study with Teachers in Training. *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12.
- GAVE (2001). *Resultados do Estudo Internacional PISA 2000*. Lisboa: Gabinete de Avaliação do Ministério da Educação.
- GAVE (2004). *Resultados do Estudo Internacional PISA 2003*. Lisboa: Gabinete de Avaliação do Ministério da Educação.
- Genovese, J. E. C. (2003). Piaget, Pedagogy, and Evolutionary Psychology. *Evolutionary Psychology*, 1, 127-137.
- Georghiades, P. (2006). The Role of Metacognitive Activities in the Contextual Use of Primary Pupils' Conceptions of Science. *Research in Science Education*, 36(1-2), 29-49.
- Glaserfeld, E. V. (1988). *Environment and Communication*. Abstract recuperado da base de dados ERIC. (ED295850).
- Gouveia, R. (1996). A Importância da Resolução de Problemas de Física e Química no Ensino Básico e Secundário. *Gazeta de Física*, 19(3), 18-21.
- Hair, J.F; Lack, W.C.; Babin, B.J.; Anderson, R. E. & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6<sup>th</sup> ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

- 
- Haladyna, T. M. & Shindoll, R. R. (1989). Shells: A Method for Writing Effective Multiple-Choice Test Items. *Evaluation & the Health Professions*, 12(1), 97-104.
- Halpern, D. F. (1992). *Enhancing Thinking Skills in the Sciences and Mathematics*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- Halpern, D. F. (1996). *Thought and knowledge: an introduction to critical thinking*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Herrick, R. S., Nestor, L. P., Benedetto, D. A. (1999). Using Data Pooling to Measure the Density of Sodas – An Introductory Discovery Experiment. *Journal of Chemical Education*, 76(10), 1411-1413.
- Hewitt, P. G. (2002). *Conceptual Physics*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Hill, A. M. (1998). Problem Solving in Real-Life Contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8(3), 203-220.
- Hobden, P. (1998). The Role of Routine Problem Tasks in Science Teaching. In B. J. Fraser, & K. J. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 219-231). London/Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Hunt, E. (1994). Problem Solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Thinking and Problem Solving* (pp. 215-231). California: Academic Press, Inc.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books.
- Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (2008). Recuperado de <http://portal.icn.pt/ICNPortal/vPT2007/>



- Isaac, S. & Michael, W. B. (1971). *Handbook in Research and Evaluation*. San Diego CA: Robert R. Knapp.
- Jonassen, D. & Kim, B. (2010). Arguing to learn and learning to argue: design justifications and guidelines. *Educational Technology Research and Development*, 58 (4), 439–457.
- Jonassen, D. & Hung, W. (2008). All Problems are Not Equal: Implications for PBL. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 2(2), 6–28.
- Joshua, S., & Dupin, J. (1991). In Physics Class, Exercises can also Cause Problems .... *International Journal of Science Education*, 13(3), 291-301.
- Kahney, H. (1993). *Problem Solving – Current Issues*. Buckingham: Open University Press.
- Kanis, I. B. (1992). Task-Oriented Evaluation. *Science Activities*, 29(3), 26-30.
- Kassem, C. L. (2000). Evolution of a School-wide Approach to Improved Thinking Skills – the CRTA Model. *The Korean Journal of Thinking and Problem Solving*, 10(2), 79-88.
- Klassem, S. (2006). Contextual Assessment in Science Education: Background, Issues, and Policy. *Science Education*, 90(5), 820-851.
- Klein, S. P.; Stecher, B. M.; Shavelson, R. J.; McCaffrey, D.; Ormseth, T.; Bell, R. M.; Comfort, K. & Othman, A. R. (1998). Analytic Versus Holistic Scoring of Science Performance Tasks. *Applied Measurement in Education*, 11(2), 121-137.
- Kubiszyn, T. & Borich, G. (2000). *Educational Testing and Measurement: Classroom Application and Practice*. New York: John Wiley & Sons.
- Kuhn, T. S. (1977). *A Tensão Essencial*. Lisboa: Edições 70.

- Kyle, W. C. Jr., Penick, J. E. & Shymansky, J. A. (1979). Assessing and Analyzing the Performance of Students in College Science Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(6), 545-551.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1996). *La Vie de Laboratoire: La Production des Faits Scientifiques*. Paris: Éditions La Découverte.
- Lave, J. (1997). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lave, J., Murtaugh, M. & Rocha, O. (1999). The Dialectic of Arithmetic in Grocery Shopping. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition: Development in Social Context* (pp. 67-94). New York: Harvard University Press.
- Lawson, M. J. (1997). Experimental Studies. In J. P. Keeves (Ed.), *Educational Research, Methodology, and Measurement: An International Handbook* (pp. 126-134). Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Lee, H. & Bae, S. (2008). Issues in Implementing a Structured Problem-Based Learning Strategy in a Volcano Unit: a Case Study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 655-676.
- Leedy, P. D. (1974). *Practical Research – Planning and Design*. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Leighton, J. P.; Rogers, W. T. & Maguire, T. O. (1999). Assessment of Student Problem-Solving on Ill-Defined Tasks. *Alberta Journal of Educational Research*, 45(4), 409-427.
- Lemke, J. L. (1993). *The Missing Context in Science Education: Science*. Recuperado do City University of New York website: <http://www.academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/gap-sci.htm>

- Leont'ev, A. N. (1977). Activity and Consciousness. In *Philosophy in the USSR, Problems of Dialectical Materialism*. Progress Publishers. Recuperado de <http://www.marxists.org/archive/leontev/works/1977.htm>
- Leou, M.; Abder, P.; Riordan, M. & Zoller, U. (2006). Using 'HOCS-Centered Learning' as a Pathway to Promote Science Teachers' Metacognitive Development. *Research in Science Education*, 36(1-2), 69-84.
- Lipman, M. (1987). Some Thoughts on the Foundations of Reflective Education. In J. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching Thinking Skills: Theory and Practice*, (pp. 151-161). New York: W. H. Freeman and Company.
- Lissitz, R. W. (1997). Statewide Performance Assessment: Continuity, Context, and Concerns. *Contemporary Education*, 69(1), 15-19.
- Lopes, J., Viegas, C. & Cravino, J. (2010). *International Journal of Engineering Education*, 26(3), 612-627.
- Lunetta, V. N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In B. J. Fraser, & K. J. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, (pp. 249-262). London/Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Lyons, T. (2006). Different countries, same classes: Students' experiences in their own words. *International Journal of Science Education*, 28(6), 591-613.
- Maloney, D. P. (1994). Research on Problem Solving: Physics. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning – a Project of the National Science Teachers Association*, (pp. 327-354). New York: Macmillan.
- Maroco, J. (2007). *Análise Estatística – Com Utilização do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo, Lda.

- Marzano, R. J. (2003). Using Data: Two Wrongs and a Right. *Educational Leadership*, 60(5), 56-60.
- Mayer, R. E. (1995). Problem-solving: Teaching and Assessing. In L. W. Anderson (Ed.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*, (pp. 463-466). Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, Metacognitive and Motivational Aspects of Problem-solving. *Instructional Science*, 26, 49-63.
- McGraw, L. (1992). Social Capital: A New Concept for Explaining Failure to Achieve. *Journal of Educational and Psychological Consultation*, 3(4), 367-373.
- McIntosh, T. C. (1995). Problem-Solving Processes: An Alternative Approach to the Classic Scientific Method. *The Science Teacher*, 62(4), 16-19.
- Mehan, H. (1999). Institutional Decision-Making. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition: Development in Social Context*, (pp. 41-66). New York: Harvard University Press.
- Mertens, D. M. (1998). *Research Methods in Education and Psychology: Integrating Diversity with Qualitative & Quantitative Approaches*. California: Sage Publications, Inc.
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. Recuperado do King's College London, School of Education website: <http://www.kcl.ac.uk/content/1/c6/01/32/03/b2000.pdf>
- Ministério da Educação (2001). *Programa de Física e Química A 10º ano*. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário do Ministério da Educação.

- 
- Ministério da Educação (2009). Decreto-Lei nº 55/2009 de 2 de Março. *Diário da República, 1.ª série*(42), 1424-1433.
- Ministry of Science, Technology and Higher Education (2006). *Reviews of National Policies for Education: Tertiary Education in Portugal – Background Report*. Recuperado do OCDE website: [www.oecd.org/edu/reviews/nationalpolicies](http://www.oecd.org/edu/reviews/nationalpolicies)
- Moss, P. A. (1994). Can There Be Validity Without Reliability ? *Educational Research*, 23(2), 5-12.
- Nardi, B. A. (2001). *Context and Consciousness – Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Cambridge, Massachusetts: The Massachusetts Institute of Technology Press.
- National Academy of Sciences (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.
- National Assessment Governing Board. (1999). *Science Framework for the 2005 National Assessment of Educational Progress*. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- National Assessment Governing Board. (2004). *Science Framework for the 2005 National Assessment of Educational Progress*. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- National Science Foundation (2000). *SEPUP - Science Education for Public Understanding Program*.
- Neto, A. J., & Valente, M. O. (1997). Aprender a Pensar e Resolução de Problemas: Um Estudo de Orientação Metacognitiva em Aulas de Física do Ensino Secundário. *Revista de Educação*, VI(2), 25-41.

- Newman, D., Griffin, P. & Cole, M. (1999). Social Constraints in Laboratory and Classroom Tasks. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition: Development in Social Context*, (pp. 172-193). New York: Harvard University Press.
- Nickerson, R. S. (1994). The Teaching of Thinking and Problem Solving. In R. J. Sternberg. (Ed.), *Thinking and Problem Solving*, (pp. 409-449). Califórnia: Academic Press, Inc.
- Novais, A. & Cruz, N. (1989). O Ensino das Ciências, o Desenvolvimento das Capacidades Metacognitivas e a Resolução de Problemas. *Revista de Educação*, I(3), 65-75.
- OCDE (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. Paris: OECD Publications.
- OCDE (2004). *Problem Solving for Tomorrow World First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003*. Paris: OECD Publications.
- OCDE (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World*, (Vol. 1). Paris: OECD Publications.
- OCDE (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Reading, Mathematics and Science*, (Volume 1). OECD Publishing.
- Oliveira, M. M. (1988). *Teste de Pensamento Crítico de Cornell (Nível X)*. Manuscrito não publicado, Departamento de Educação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Oliveira, M. M. (1992). *A Criatividade, o Pensamento Crítico e o Aproveitamento Escolar em Alunos de Ciências*. (Tese de doutoramento não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.

- Oliveira, T.; Freire, A.; Carvalho, C.; Azevedo, M.; Freire, S. & Baptista, M. (2009). Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências. *Educar Curitiba*, (34) 19-33.
- O'Neil, H. & Schacter, J. (1997). *Test Specifications for Problem Solving Assessment* (Report No 463). Los Angeles: University of California.
- Pallant, J. (2003). *SPSS Survival Manual. A Step by Step Guide to Data Analysis Using SPSS for Windows*. Maidenhead Philadelphia: Open University Press.
- Palmer, D. (1993). How Consistently do Students Use Their Alternative Conceptions? *Research in Science Education*, 23(1), 228-235.
- Panreac Química, S. A. (1998). *Seguridad en Laboratorios Químicos*. Barcelona: Centre Telemàtic Editorial.
- Paul, R. (1987). Dialogical Thinking: Critical Thought Essential to the Acquisition of Rational Knowledge and Passions. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching Thinking Skills Theory and Practice* (pp. 127-148). New York: W. H. Freeman and Company.
- Popper, K. (1999). *All life is problem solving*. London: Routledge.
- Perales-Palacios, F. J. (1993). La Resolución de Problemas: Una Revisión Estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178.
- Phillips, J. L. (1977). *Teoria de Piaget sobre as origens do intelecto*. Lisboa: Socicultur, Universidade Aberta.
- Pine, J.; Aschbacher P.; Roth E.; Jones M.; McPhee C.; Martin, C.; Phelps, S.; Kyle, T. & Foley, B. (2006). Fifth Graders' Science Inquiry Abilities: A Comparative Study of Students in Hands-On and Textbook Curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 467-484.

- 
- Pizzini E. L.; Abell, S. K. & Shepardson, D. S. (1988). Rethinking Thinking in Science Classroom. *The Science Teacher*, 55, 22-25.
- Ponte, J. P. (1992). Problemas de Matemática e Situações da Vida Real. *Revista de Educação*, II (2), 95-108.
- Ponte, J. P.; Guerreiro, A.; Cunha, H.; Duarte, J.; Martinho, H.; Martins, C.; Menezes, L.; Menino, H.; Pinto, H.; Santos, L.; Varandas, J. M.; Veiga, L. & Viseu, F. (2007). A Comunicação nas Práticas de Jovens Professores de Matemática. *Revista Portuguesa de Educação*, 20 (002), 39-74.
- Projecto Física (1980). *Projecto Física – Texto e Manual de Experiências e Actividades*, (pp. 21-41). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Reif, F. (1981). Teaching Problem Solving – A Scientific Approach. *The Physics Teacher*, 19, 310-316.
- Reusser, K. (1988). Problem Solving Beyond the Logic of Things: Contextual Effects on Understanding and Solving Word Problems. *Instructional Science*, 17, 309-338.
- Reynolds, A. & Walberg, H. (1991). A Structural Model of Science Achievement. *Journal of Educational Psychology*, (83)1, 97-107.
- Reynolds, A. & Walberg, H. (1992). A Structural Model of Science Achievement and Attitude: An Extension to High School. *Journal of Educational Psychology*, (84)3, 371-382.
- Rodrigues, A. M. (2001). *O Desenvolvimento do Pensamento Crítico como Estratégia Promotora de Melhores Solucionadores de Problemas em Ciências* (Tese de mestrado não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.



- Rodrigues, A. M. (2010). *O Pensamento Crítico como Área-Chave para a Literacia Científica* (Tese de doutoramento não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Rogoff, B. (1999). Introduction: Thinking and Learning in Social Context. In B. Rogoff, & J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition: Development in Social Context* (pp. 1-8). New York: Harvard University Press.
- Rogoff, B. & Lave, J. (1999). *Everyday Cognition: Development in Social Context*. New York: Harvard University Press.
- Roth, W. & Roychoudhury, A. (1993). The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 127-152.
- Roth, W. (1995). *Authentic School Science: Knowing and Learning in Open-Inquiry Science Laboratories*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Roth, W. (1996). Where is the Context in Contextual Word Problems? : Mathematical Practices and Products in Grade 8 Students' Answers to Story Problems. *Cognition and Instruction*, 14(4), 487-527.
- Rugg, G. (2007). *Using Statistics: A Gentle Introduction*. England: McGraw-Hill Open University Press.
- Ruiz-Primo, M. A.; Baxter, G. P. & Shavelson, R. J. (1993). On the Stability of Performance Assessments. *Journal of Educational Measurement*, 30(1), 41-53.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Rhetoric and Reality in Science Performance Assessments: An Update. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1045-1063.
- Sale, D. (2003). What is Quality in Assessment Practice? Centre for Development of Teaching and Learning CDTL Brief, 6 (3), 10-12.

- Santos, C. E. (2005). *Ao Encontro da Natureza – Ciências da Natureza 5º ano*. Lisboa: Plátano Editora, S. A.
- Santos, L. (2000). *A Internet como Facilitadora do Ensino Experimental Promotor de Pensamento Crítico* (Tese de mestrado não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Santos, L.; Pinto, J.; Rio, F.; Pinto, F.; Varandas, J.; Moreirinha, O.; Dias, P.; Dias, S. & Bondoso, T. (2010). *Avaliar para Aprender*. Lisboa: Porto Editora.
- Schliemann, A. D. & e Acioly, N. M. (1989). Mathematical Knowledge Developed at Work: The Contribution of Practice Versus the Contribution of Schooling. *Cognition and Instruction*, 6(3), 185-221.
- Scribner, S. (1999). Studying Working Intelligence. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition: Development in Social Context*, (pp. 9-40). New York: Harvard University Press.
- Segers, M. S. R. (1997). An Alternative for Assessing Problem-Solving Skills: The Overall Test. *Studies in Educational Evaluation*, 23(4), 373-398.
- Senocak, E.; Taskesenligil, Y. & Sozbilir, M. (2007). A Study on Teaching Gases to Prospective Primary Science Teachers Through Problem-Based Learning. *Research in Science Education*, 37(3), 279-290.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. & Pine, J. (1991). Performance Assessment in Science. *Applied Measurement in Education*, 4(4), 347-362.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. & Gao, X. (1993). Sampling Variability of Performance Assessments. *Journal of Educational Measurement*, 30(3), 215-232.
- Shavelson, R. J.; Ruiz-Primo, M. A. & Wiley, E. W. (1999). Note on Sources of Sampling Variability in Science Performance Assessments. *Journal of Educational Measurement*, 36(1), 61-71.

- Silva, J. C.; Ribeiro, E. & Oliveira, O. (2008). *Desafios – Ensino Secundário 11º Ano de Escolaridade* (2ªed.). Lisboa: Edições Asa.
- Sjøberg, S. (2007). PISA and “real life challenges”: Mission impossible? In: S. Hopman (Ed.), *PISA according to PISA. Does PISA keep its promises?* (pp. 1-18). Wien: LIT Verlag.
- Slater, T. F., Ryan, J. M. & Samson, S. L. (1997). Impact and Dynamics of Portfolio Assessment and Traditional Assessment in a College Physics Course. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 255-271.
- Smith, M. U. (1991). A view from Biology. In M. U. Smith (Ed.), *Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains* (pp. 1-19). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Solano-Flores, G. (2000). Teaching and Assessing Science Process Skills in Physics – The Bubbles Task. *Science Activities*, 37(1), 31-37.
- Solano-Flores, G. & Shavelson, R. J. (1997). Development of Performance Assessments in Science: Conceptual, Practical, and Logistical Issues. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 16(3), 16-25.
- Solano-Flores, G.; Jovanovic, J.; Champaign, U.; Shavelson, R. J. & Bachman, M. (1999). On the Development and Evaluation of a Shell for Generating Science Performance Assessments. *International Journal of Science Education*, 21(3), 293-315.
- Solano-Flores, G.; Shavelson, R. J. & Schneider, S. A. (2001). Expanding the Notion of Assessment Shell: From Task Development Tool to Instrument for Guiding the Process of Science Assessment Development. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 3(1).

- Soláz-Portolés, J. J. & López, V. S. (2008, Maio/Agosto). Tipos de Conhecimento e suas Relações com a Resolução de Problemas em Ciências: Orientações para a Prática. *Sísifo. Revista de Ciências da Educação*, (6), 105-113. Recuperado de <http://sisifo.fpce.ul.pt>
- Solomon, J. (1983). Learning about Energy: How Pupils Think in Two Domains. *European Journal of Science Education*, 5(1), 49-59.
- Stecher, B. M. ; Klein, S. P. ; Solano-Flores, G. ; McCaffrey, D. ; Robyn, A. ; Shavelson, R. J. & Haertel, E. (2000). The Effects of Content, Format, and Inquiry Level on Science Performance Assessment Scores. *Applied Measurement in Education*, 13(2), 139-160.
- Sternberg, R. J. (1985). Critical Thinking: its Nature, Measurement, and Improvement. In F. Link (Ed.), *Essays on the Intellect*. Alexandria, VA: ASCD.
- Sternberg, R. J. (1987). Questions and Answers about the Nature and Teaching of Thinking Skills. In J. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching Thinking Skills: Theory and Practice*, (pp. 251-259). New York: W. H. Freeman and Company.
- Sternberg, R. J. (1994). *Thinking and Problem Solving – Handbook of Perception and Cognition*. California: Academic Press, Inc.
- Sugrue, B. (1993). *Specifications for the design of Problem-Solving Assessment in Science. Project 2.1 Designs for Assessing Individual and Group Problem-Solving*. Recuperado da base de dados ERIC. (ED372081).
- Suter, L. E. (2007). *Mathematics Achievement in Portugal: A New Look at Evidence from PISA 2003*. Manuscrito não publicado, National Science Foundation.
- Swartz, R. J.; Fischer, S. D. & Parks, S. (1998). *Infusing the Teaching of Critical and Creative Thinking into Secondary Science – A Lesson Design Handbook*. Pacific Grove: Critical Thinking Books & Software.

- Sweller, J. (1989). Cognitive Technology: Some Procedures for Facilitating Learning and Problem Solving in Mathematics and Science. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 457-466.
- Tabanick, B. G. & Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics*. Boston: Pearson International Edition.
- Tamir, P. (1996). Science Assessment. In M. Birenbaum & F. J. R. C. Dochy (Eds.), *Alternatives in Assessment of Achievements, Learning Processes and Prior Knowledge*, (pp. 93-129) Boston: Kluwer.
- Tamir, P. (1998). Assessment and Evaluation in Science Education: Opportunities to Learn and Outcomes. In B. J. Fraser & K. J. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, (pp. 761-789). London/Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Teaching Media Resource Service (2005). *Broad and Balanced Science for All in Bedfordshire*. UK: University of Bedfordshire.
- TenBrink, T. D. (1974). *Evaluation a practical guide for teachers*. New York: McGraw-Hill.
- Tenreiro-Vieira, M. C. (1994). *Pensamento crítico na educação científica: Proposta de uma metodologia para a elaboração de actividades curriculares*. (Tese de mestrado não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Teixeira, M. A. (2001). *A Interacção de Pares como Estratégia de Desenvolvimento de Capacidades de Pensamento Crítico*. (Tese de mestrado não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.

- Tobin, K.; Tippins, D. & Gallard, A. (1994). Research on Instructional Strategies for Science Teaching. In D. Gabel; P. Blosser & D. Butts (Eds.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, (pp. 45-93). New York: Macmillan.
- Trice, A. D. (2000). *A Handbook of Classroom Assessment*. New York: Addison Wesley Longman Inc.
- Tryphon, A. & Vonèche, J. (1996). *Piaget-Vygotsky – The Social Genesis of Thought*. UK: Psychology Press.
- Tuckman, B. W. (2002). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Standard Classification of Education ISCED. (1997). *Documento da UNESCO International Standard Classification of Education ISCED*. Recuperado de <http://www.unesco.org/>
- Vieira, M. C. (1999). *A Influência de Programas de Formação Focados no Pensamento Crítico nas Práticas de Professores de Ciências e no Pensamento Crítico dos Alunos*. (Tese de doutoramento não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Vieira, P. C. R. (2007). *Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas e Webquests: um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade, na temática “Fontes de energia”*. (Tese de mestrado não publicada). Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Portugal.
- Vieira, R. (1995). *O desenvolvimento de courseware promotor de capacidades de pensamento crítico*. (Tese de mestrado não publicada). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.

- 
- Wai, N. N. & Hirakawa, Y. (2001). Teachers' Conceptualization and Actual Practice in the Student Evaluation Process at the Upper Secondary School Level in Japan, Focusing on Problem Solving Skills. *Studies in Educational Evaluation*, 27(2), 175-198.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity*. Cambridge: University Press.
- Wood, C. (2006). The Development of Creative Problem Solving in Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 96-113.
- Wragg, E. C. (1999). *An Introduction to Classroom Observation*. London and New York: Routledge.
- Zoller, U. (1987). The Fostering of Question-Asking Capability: A Meaningful Aspect of Problem-Solving in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64(6), 510-512.

## **ANEXO A**

### **TAXONOMIA DE PENSAMENTO CRÍTICO DE ENNIS**



---

*Metas para um Currículo de Pensamento Crítico/de Raciocínio (Oliveira, 1992)*

---

**I.** Definição operacional: O Pensamento Crítico é uma forma de pensar reflexiva e sensata com o objectivo de decidir em que se deve acreditar ou fazer.

**II.** Assim definido, o Pensamento Crítico envolve tanto disposições como capacidades (designadas no original por "dispositions" e "abilities", respectivamente):

**A.** Disposições

1. Procurar um enunciado claro da questão ou tese
2. Procurar razões
3. Tentar estar bem informado
4. Utilizar e mencionar fontes credíveis
5. Tomar em consideração a situação na sua globalidade
6. Tentar não se desviar do cerne da questão
7. Ter em mente a preocupação original e/ou básica
8. Procurar alternativas
9. Ter abertura de espírito
  - a) Considerar seriamente outros pontos de vista além do seu próprio (pensamento dialógico)
  - b) Raciocinar a partir de premissas de que os outros discordam
  - c) sem deixar que a discordância interfira com o seu próprio raciocínio (pensamento baseado em supostos)
  - d) Suspende juízos sempre que a evidência e as razões não sejam suficientes

Tabela 1 (*continuação*)

10. Tomar uma posição (e modificá-la) sempre que a evidência e as razões sejam suficientes para o fazer
11. Procurar tanta precisão quanta o assunto o permitir
12. Lidar de forma ordenada com as partes de um todo complexo
13. Usar as suas próprias capacidades para pensar de forma crítica
14. Ser sensível aos sentimentos, níveis de conhecimento e grau de elaboração dos outros

## B. Capacidades

### *Clarificação elementar*

1. Focar uma questão
  - a) Identificar ou formular uma questão
  - b) Identificar ou formular critérios para ajuizar possíveis respostas
  - c) Manter presente em pensamento a situação
2. Analisar argumentos
  - a) Identificar conclusões
  - b) Identificar as razões enunciadas
  - c) Identificar as razões não enunciadas
  - d) Procurar semelhanças e diferenças
  - e) Identificar e lidar com irrelevâncias
  - f) Procurar a estrutura de um argumento
  - g) Resumir

Tabela 1 (*continuação*)

---

3. Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio, como por exemplo:

- a) Porquê?
- b) Qual é a sua questão principal?
- c) O que quer dizer com "..."??
- d) Importa-se de exemplificar?
- e) O que é que não seria um exemplo (apesar de ser quase um)?
- f) Em que é que isto se aplica a este caso (descreva um contra exemplo)?
- g) Que diferença é que isto faz?
- h) Quais são os factos?
- i) É isto que quer dizer: "..."??
- j) Diria mais alguma coisa sobre isto?

*Suporte Básico*

4. Avaliar da credibilidade de uma fonte, segundo os seguintes critérios:

- a) Perita/Conhecedora/Versada
- b) Não há conflito de interesses
- c) Acordo entre as fontes
- d) Reputação
- e) Utilização de procedimentos já estabelecidos
- f) Risco conhecido sobre a reputação
- g) Capacidade para indicar razões
- h) Hábitos cuidadosos

Tabela 1 (*continuação*)

---

5. Observar e avaliar relatórios de observação. Os critérios que devem presidir são:

- a) Um número mínimo de inferências envolvidas
- b) Um curto intervalo de tempo entre a observação e o relatório
- c) O relatório ser elaborado pelo próprio observador, em vez de o ser por outra pessoa qualquer (i.e., não por ouvir dizer)
- d) Ter registos. Se o relatório é baseado num registo, é geralmente preferível que:
  - 1) O registo tenha sido efectuado pouco tempo depois da observação
  - 2) O registo tenha sido feito pelo observador
  - 3) O registo tenha sido feito pelo relator
  - 4) O relator acredite no registo, ou por acreditar previamente na exactidão deste ou pelas observações efectuadas pelo observador serem geralmente correctas.
- e) Corroboração
- f) Possibilidade de corroboração
- g) Condições de bom acesso
- h) Se a tecnologia for útil, uma utilização competente desta
- i) Satisfação do observador (e do relator, se se tratar de uma pessoa diferente) em relação aos critérios de credibilidade (item B4).

Tabela 1 (*continuação*)

---

*Inferência*

## 6. Deduzir e avaliar deduções

- a) Lógica de classes
- b) Lógica condicional
- c) Interpretação de enunciados
  - 1) Dupla negação
  - 2) Condições necessárias e suficientes
  - 3) Outras palavras e frases lógicas: só, se e só se, ou, alguma, a não ser que, não, não ambos, etc.

## 7. Induzir e avaliar induções

- a) Generalizar
  - 1) Tipificação de dados
  - 2) Limitação do campo-abrangência
  - 3) Constituição da amostra
- b) Inferir conclusões e hipóteses explicativas
  - 1) Tipos de conclusões e hipóteses explicativas
    - a) Afirmações causais
    - b) Afirmações acerca das crenças e atitudes das pessoas
    - c) Interpretações dos significados pretendidos
    - d) Afirmações históricas para que algumas coisas tenham acontecido
    - e) Definições relatadas
    - f) Afirmações de que algo é uma razão ou conclusão não enunciada
  - 2) Investigar
    - a) Delinear investigações, incluindo o planeamento de variáveis controláveis
    - b) Procurar evidências e contraevidências
    - c) Procurar outras explicações possíveis
  - 3) Critérios: a partir de assumpções dadas aceitáveis

Tabela 1 (*continuação*)

- 
- a) A conclusão proposta explicaria a evidência (essencial)
    - b) A conclusão proposta é consistente com os factos que se conhecem (essencial)
    - c) As outras conclusões alternativas possíveis são inconsistentes com os factos conhecidos (essencial)
    - d) A conclusão proposta parece plausível (desejável)
  - 8. Fazer juízos de valor
    - a) Factos antecedentes
    - b) Consequência
    - c) A aplicação imediata (*prima facie*) de princípios aceitáveis
    - d) Considerar alternativas
    - e) Comparar, pesar e decidir

*Clarificação elaborada*

- 9. Definir os termos e avaliar as definições em três dimensões
  - a) Forma
    - 1) Sinónimo
    - 2) Classificação
    - 3) Gama
    - 4) Expressão equivalente    5) Operacional    6) Exemplo - não exemplo
  - b) Estratégia de definição
    - 1) Actos
      - a) Relata um significado (Definição relatada)
      - b) Estipula um significado (Definição estipulada)
      - b) Exprime uma posição sobre uma questão (posicional, inclui uma definição programática e persuasiva)
    - 2) Identificação e trabalho com equívocos

Tabela 1 (*continuação*)

- 
- a) Tem em atenção o contexto
  - b) Tipos possíveis de resposta
    - i) A resposta mais simples "A definição está pura e simplesmente errada"
    - ii) A redução ao absurdo: "De acordo com aquela Definição, há um resultado que não corresponde ao esperado"
    - iii) A consideração de interpretações alternativas: "Sobre esta interpretação há este problema; sobre aquela há aquele outro"
  - c) Conteúdo
10. Identificar assumpções
- a) Razões não enunciadas
  - b) Assumpções necessárias; reconstrução de argumentos

*Estratégias e tácticas*

11. Definir uma acção
- a) Definir o problema
  - b) Seleccionar critérios para avaliar possíveis soluções
  - c) Formular soluções alternativas
  - d) Decidir, por tentativas, o que fazer
  - e) Rever e decidir, tomando em consideração a situação no seu todo
  - f) Verificar cuidadosamente a implementação
12. Interactuar com outros
- a) Empregar e reagir a denominações falaciosas incluindo

Tabela 1 (*continuação*)

- 
- 1) Circularidade
  - 2) Apelo à autoridade
  - 3) Seguir a posição mais em voga
  - 4) Termo que dá nas vistas
  - 5) Apor um nome
  - 6) Plano escorregadio
  - 7) Post hoc
  - 8) Nom sequitur
  - 9) Ad hominem
  - 10) Afirmar o consequente
  - 11) Negar o antecedente
  - 12) Conversão
  - 13) Petição de princípio
  - 14) Ou ... ou
  - 15) Vaguidade
  - 16) Equivocação
  - 17) Ir contra moinhos de vento
  - 18) Apelo à tradição
  - 19) Argumento a partir de analogias
  - 20) Questão hipotética
  - 21) Supersimplificação
  - 22) Irrelevância
- b) Estratégias lógicas
  - c) Estratégias retóricas
  - d) Argumentar: Apresentar, oralmente ou por escrito, uma Posição



Tabela 1 (*continuação*)

- 
- 1) Pensar num determinado tipo de público e ter isso em mente
  - 2) Organizar (esquema mais habitual: assunto principal, clarificação; razões, alternativas; tentativa para refutar desafios prospectivos; resumo, incluindo a repetição do ponto principal)
- 

Nota. Esta tabela é apenas uma estrutura global do conteúdo de um curso sobre Pensamento Crítico. Não inclui sugestões de nível, sequência, repetição em maior ou menor profundidade, relevo ou inclusão numa determinada área de conteúdo.

## **ANEXO B**

### **TESTE DE PENSAMENTO CRÍTICO DE CORNELL -NÍVEL X-**

## **ANEXO C**

### **INSTRUÇÕES DE ADMINISTRAÇÃO DO TESTE DE PENSAMENTO CRÍTICO DE CORNELL - NÍVEL X-**

---

## **INSTRUÇÕES DE ADMINISTRAÇÃO DO TESTE DE PENSAMENTO CRÍTICO DE CORNELL**

Antes de os alunos iniciarem a realização do teste lêem-se as indicações que se seguem aos alunos:

A cada um de vós foi distribuído um livro, uma folha de respostas, uma borracha e um lápis número dois. O facto de o lápis ser número dois garante que a vossa resposta será bem legível e que no caso de se enganarem e tiverem de apagar, o podem fazer sem ficarem marcas da vossa primeira resposta. Agradeço que no final me devolvam todo o material que vos forneci incluindo o livro. Não se esqueçam de o fazer, por favor, para que outros alunos de outras turmas e escolas também os possam vir a utilizar.

Comecem por preencher o cabeçalho da vossa folha de respostas. Se precisarem de ajuda, não hesitem em dizer-mo.

Para cada uma das questões que vos é colocada ao longo do livro têm sempre três respostas possíveis. Assinalem com uma cruz a vossa opção, como se indica no exemplo que se encontra na folha de respostas. São setenta e seis questões e têm cinquenta e cinco minutos para as fazer. Este tempo tem-se revelado mais do que suficiente! Pensem bem e tentem não deixar nenhuma por responder.

Abram agora o vosso livro na primeira página e leiampara vós o que lá se encontra enquanto eu o faço em voz alta.

Têm alguma dúvida ? Querem fazer alguma pergunta ?

Esperem até eu vos dizer que podem começar.

Se durante os cinquenta e cinco minutos tiverem dúvidas quanto ao significado de alguma palavra, façam a pergunta em voz alta. Se eu puder, responderei também em voz alta, para que todos tenham a possibilidade de ouvir tanto a pergunta como a resposta.

Lembrem-se de basear as vossas respostas na informação que vos é dada. Nas duas primeiras partes do teste não devem voltar atrás em circunstância alguma, quer seja para alterar, quer seja para dar uma resposta.

Podem começar. Têm cinquenta e cinco minutos.

Ao fim de cinquenta e cinco minutos, os alunos são informados que têm de parar.

**ANEXO D**

**FOLHA DE RESPOSTAS DO  
TESTE DE PENSAMENTO CRÍTICO DE CORNELL  
- NÍVEL X-**

FOLHA DE RESPOSTAS  
TESTE DE PENSAMENTO CRÍTICO  
CORNELL - (NÍVEL x)

NOME .....

IDADE .....

SEXO .....

DATA .../.../...

ANO DE ESCOLARIDADE .....

TURMA .....

ESCOLA SECUNDÁRIA .....

NÍVEL DE ESCOLARIDADE DA MÃE .....

NÍVEL DE ESCOLARIDADE DO PAI .....

**INSTRUÇÕES:** Terá de devolver, no fim, o livro que lhe foi distribuído. Não escreva nele! Nesta folha, assinale com uma cruz a sua resposta, para cada questão. Use um lápis nº 2. Não use caneta nem marcador. Se tiver de apagar uma cruz, apague-a completamente. Segue-se um exemplo:

1     ☒     ☐     ☐

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 1 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 21 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 41 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 61 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 2 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 22 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 42 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 62 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 3 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 23 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 43 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 63 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 4 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 24 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 44 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 64 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 5 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 25 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 45 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 65 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 6 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 26 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 46 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 66 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 7 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 27 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 47 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 67 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 8 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 28 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 48 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 68 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 9 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>  | 29 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 49 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 69 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 10 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 30 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 50 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 70 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 11 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 31 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 51 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 71 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 12 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 32 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 52 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 72 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 13 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 33 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 53 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 73 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 14 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 34 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 54 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 74 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 15 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 35 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 55 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 75 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 16 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 36 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 56 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 76 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |
| 17 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 37 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 57 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 18 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 38 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 58 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 19 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 39 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 59 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |
| 20 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 40 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> | 60 <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> |  |